



ФГБУ «НМИЦ РК»  
Минздрава России

Учредители: Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии  
Поддержка: Национальная ассоциация экспертов по санаторно-курортному лечению

Founders: National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology  
Supported by: National Association of Experts in Spa Treatment

ISSN 2078-1962 (print)  
ISSN 2713-2625 (online)

# Вестник

Том 22, № 2  
Апрель  
Vol. 22, No.2  
April  
2023

*восстановительной медицины*

Bulletin of Rehabilitation Medicine  
*Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny*



Подписной индекс: 71713 | [www.vvvr.ru](http://www.vvvr.ru)



## Центр испытаний и экспертизы природных лечебных ресурсов ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России

*Центр является продолжателем векового опыта работы в сфере курортологии. Центр уникален по накопленному опыту в изучении и применении современных методов научных исследований природных лечебных ресурсов (бальнеотерапия, пеллоидотерапия и лечебное воздействие климата) на территории Российской Федерации и стран бывшего СССР.*

### ЦЕНТР ОСУЩЕСТВЛЯЕТ:

- ▶ проведение испытаний природных лечебных ресурсов;
- ▶ идентификацию природных лечебных ресурсов на основе полученных результатов испытаний;
- ▶ разработку специальных медицинских, бальнеологических и иных заключений о составе и качестве природных лечебных ресурсов на основе их экспертной оценки по результатам испытаний;
- ▶ разработку, верификацию и подготовку к аттестации методов испытаний природных лечебных ресурсов.

**Предлагаем воспользоваться  
уникальными и качественными  
услугами Центра!**

ПОДРОБНОСТИ



Аккредитация в Национальной системе аккредитации  
Российской Федерации (Росаккредитация) с 30.11.2022 г.  
аттестат аккредитации RA.RU.210T29.

Тел.: + 7 499 277-01-05 (доб. 1502)  
e-mail: geolog@nmicrk.ru



# ПРИГЛАШАЕМ ВАС ВСТУПИТЬ В НАЦИОНАЛЬНУЮ АССОЦИАЦИЮ ЭКСПЕРТОВ ПО САНАТОРНО-КУРОРТНОМУ ЛЕЧЕНИЮ

**Н**ациональная ассоциация экспертов по санаторно-курортному лечению — это некоммерческая организация, призванная объединить ведущих специалистов в санаторно-курортной области для представления и защиты общих профессиональных интересов, координации их деятельности, а также для развития на территории России медицинской, образовательной и просветительской деятельности, содействия научным исследованиям в области санаторно-курортного лечения.

- Мы ждем экспертов и специалистов, готовых к совместной активной работе! Мнение каждого члена Ассоциации является важным поводом для работы в сфере санаторно-курортного лечения и влияет на развитие отрасли.
- Наша цель: объединение профессионального сообщества.
- Действительные члены Ассоциации имеют доступ к актуальной информации в области санаторно-курортного лечения, а также получают информационную рассылку и приглашения для участия на мероприятия, проводимые при поддержке Ассоциации.

## ЗАПОЛНИТЕ ЗАЯВКУ

на официальном сайте:  
<https://sankur.expert/>

**ПРИСОЕДИНИТЬСЯ**



# ВЕСТНИК ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ

Том 22, № 2-2023

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**ФЕСЮН А.Д.**, д.м.н., Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

## ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

**ЮРОВА О.В.**, д.м.н., проф., Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия  
**УГО КАРРАРО**, проф., Университет Падуи, Падуа, Италия

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**АГАСАРОВ Л.Г.**, д.м.н., проф., Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва

**БЕЛОВА Л.А.**, д.м.н., проф., Ульяновский государственный университет, Ульяновск

**БЕРДЮГИН К.А.**, д.м.н., проф., РАН, Уральский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. В.Д. Чаклина, Екатеринбург

**БЫКОВ А.Т.**, д.м.н., проф., член-кор. РАН, Кубанский государственный медицинский университет Минздрава России, Сочи

**ВЛАДИМИРСКИЙ Е.В.** д.м.н., проф., Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера, Пермь

**ГЕРАСИМЕНКО М.Ю.**, д.м.н., проф., Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России, Москва

**ДАМИНОВ В.Д.**, д.м.н., Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва

**ЕЖОВ В.В.**, д.м.н., проф., Научно-исследовательский институт физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М. Сеченова», Ялта

**КИЗЕЕВ М.В.**, к.м.н., Санаторий «Решма», Решма, Ивановская область

**КОВЛЕН Д.В.**, д.м.н., проф., Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

**КОНОВА О.М.**, д.м.н., доцент, Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей, Москва

**КОСТЕНКО Е.В.**, д.м.н., проф., Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва

**КУЛЬЧИЦКАЯ Д.Б.**, д.м.н., проф., Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва

**КУРНЯВКИНА Е.А.**, д.м.н., проф., Санаторий «Краснозерский», Новосибирск

**МАРТЫНОВ М.Ю.**, д.м.н., проф., член-кор. РАН, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва

**НИКИТИН М.В.**, д.м.н., д.э.н., проф., Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва

**РАССУЛОВА М.А.**, д.м.н., проф., Московский научно-практический центр медицинской реабилитации восстановительной спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, Москва

**СИЧИНАВА Н.В.**, д.м.н., проф., Московский научно-практический центр медицинской реабилитации восстановительной спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, Москва

**ТУРОВИНИНА Е.Ф.**, д.м.н., проф., Тюменский государственный медицинский университет Минздрава России, Тюмень

**ХАН М.А.**, д.м.н., проф., Московский научно-практический центр медицинской реабилитации восстановительной спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, Москва

**ХАТЬКОВА С.Е.**, д.м.н., проф., Лечебно-реабилитационный центр Минздрава России, Москва

**ХРАМОВ В.В.**, д.м.н., проф., Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Саратов

**ЯКОВЛЕВ М.Ю.**, д.м.н., Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва

**ЯШКОВ А.В.**, д.м.н., проф., Самарский государственный медицинский университет, Самара

**Денис БУРЖУА**, проф., Лионский университет им. Клода Бернара 1, рабочая Европейская региональная организация Всемирной стоматологической федерации, Лион, Франция

**Педро КАНТИСТА**, проф., Международное общество медицинской гидрологии и климатологии, Порту, Португалия

**Мюфит Зеки КАРАГУЛЛЕ**, проф., Стамбульский университет, Стамбул, Турция

**Лутц ЛУНГВИЦ**, Немецкая ассоциация медицинского оздоровления, Берлин, Германия

**Стелла ОДОБЕСКУ**, проф., Институт неврологии и нейрохирургии, Кишинев, Молдова

**Кристиан РОКК**, проф., Университет им. Поля Сабатье — Тулуза III, Тулуза, Франция

**Умберто СОЛИМЕНЕ**, проф., Всемирная федерация водолечения и климатотерапии (FEMTEC), Центр интегративной медицины ВОЗ, Миланский университет, Милан, Италия

**Луиджи ТЕЗИО**, проф., Итальянский Ауксологический институт, Милан, Италия

## ПРЕДСЕДАТЕЛИ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

**КОНЧУГОВА Т.В.**, д.м.н., проф., Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

**Франсиско МАРАВЕР**, проф., Мадридский университет Комплутенсе, Мадрид, Испания

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**БАДТИЕВА В.А.**, д.м.н., проф., член-кор. РАН, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации восстановительной спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, Москва

**БАТЫШЕВА Т.Т.**, д.м.н., проф., Научно-практический центр детской психоневрологии Департамента здравоохранения города Москвы, Москва

**БОЙЦОВ С.А.**, д.м.н., проф., академик РАН, Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии Минздрава России, Москва

**БУХТИЯРОВ И.В.**, д.м.н., проф., член-кор. РАН, Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова, Москва

**ГРЕЧКО А.В.**, д.м.н., проф., член-кор. РАН, Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии, Москва

**ДИДУР М.Д.**, д.м.н., проф., Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой Российской академии наук, Санкт-Петербург

**ДРАПКИНА О.М.**, д.м.н., проф., академик РАН, Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины Минздрава России, Москва

**ИВАНОВА Г.Е.**, д.м.н., проф., Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва

**КОТЕНКО К.В.**, д.м.н., проф., академик РАН, Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского, Москва

**ЛЯДОВ К.В.**, д.м.н., проф., академик РАН, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва

**МОКРЫШЕВА Н.Г.**, д.м.н., проф., член-кор. РАН, Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии Минздрава России, Москва

**НАРКЕВИЧ И.А.**, д.ф.н., проф., Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия, Санкт-Петербург

**НИКИТЮК Д.Б.**, д.м.н., проф., академик РАН, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва

**ОНИЩЕНКО Г.Г.**, д.м.н., проф., академик РАН, Российская академия наук, Москва

**ПОНОМАРЕНКО Г.Н.**, д.м.н., проф., член-кор. РАН, Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Санкт-Петербург

**РАЗУМОВ А.Н.**, д.м.н., проф., академик РАН, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, Москва

**РАХМАНИН Ю.А.**, д.м.н., проф., академик РАН, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва

**СТАРОДУБОВ В.И.**, д.м.н., проф., академик РАН, Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения Минздрава России, Москва

**ТУТЕЛЬЯН В.А.**, д.м.н., проф., академик РАН, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва

**ХАБРИЕВ Р.У.**, д.м.н., проф., академик РАН, Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья им. Н.А. Семашко, Москва

## ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОМАНДА

### НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

**АПХАНОВА Т.В.**, д.м.н., Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

### ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

**ГОЛОВА М.А.**, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

### ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР

**ЗАЙЦЕВ А.А.**, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

### ПЕРЕВОДЧИК

**ГАЙНАНОВА Б.А.**, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

### УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ



ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации

### ПАРТНЕР



Национальная ассоциация экспертов по санаторно-курортному лечению

### Журнал основан в 2002 году

Периодичность: 6 раз в год

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых журналов Высшей аттестационной комиссии. Журнал представлен в следующих международных базах данных и информационно-справочных изданиях: Scopus, DOAJ, RSCI, eLIBRARY, ROAD, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, Russian State Library, SHERPA RoMEO, Portico.

### АДРЕС РЕДАКЦИИ

Россия, 121099, г. Москва, ул. Новый Арбат, 32, Тел.: +7 (499) 277-01-05 (доб. 1151); e-mail: vvm@nmicrk.ru, www.vvmr.ru

**Подписка:** Объединенный каталог «Пресса России». Газеты и журналы.



Больше информации на нашем сайте: [www.vvmr.ru](http://www.vvmr.ru)

Информация предназначена для специалистов здравоохранения. © ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Журнал распространяется по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International [www.creativecommons.org](http://www.creativecommons.org).

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Регистрационный номер ПИ № ФС 77-84143 от 28.10.2022.

Подписано в печать 25.04.2023. Выход в свет 03.05.2023. Формат 640x900 1/8. Бумага мелованная 115 г/м<sup>2</sup>. Печать офсетная. Объем 16 п. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 232827.

Журнал распространяется на территории Российской Федерации. Свободная цена. Журнал подготовлен в печать и отпечатан в издательстве «Спикер» (ООО «Спикер») 105082, Москва, Переведеновский пер., д. 13, стр. 4, этаж 2.

# BULLETIN OF REHABILITATION MEDICINE

*Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny*

Tom 22, № 2-2023

---

## EDITOR-IN-CHIEF

**ANATOLIY D. FESYUN**, Dr. Sci. (Med.), National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

---

## DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF

**Olga V. YUROVA**, Dr. Sci. (Med.), Professor, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

**UGO CARRARO**, Professor, University of Padua, Padua, Italy

---

## EDITORIAL BOARD

**Lev G. AGASAROV**, Dr Sci. (Med.), Professor, I M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

**Lyudmila A. BELOVA**, Dr Sci. (Med.), Professor, Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

**Kirill A. BERDYUGIN**, Dr Sci. (Med.), Professor of the Russian Academy of Sciences, V.D. Chaklin Ural Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Ekaterinburg, Russia

**Anatoly T. BYKOV**, Dr Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Kuban State Medical University, Sochi, Russia

**Evgeniy V. VLADIMIRSKIY**, Dr Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, E A. Wagner Perm State Medical University, Perm, Russia

**Marina YU. GERASIMENKO**, Dr Sci. (Med.), Professor, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

**Vadim D. DAMINOV**, Dr Sci. (Med.), N.I. Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia

**Vladimir V. EZHOV**, Dr Sci. (Med.), Professor, A.I. Sechenov Research Institute of Physical Methods of Treatment, Medical Climatology and Rehabilitation, Yalta, Russia

**Mikhail V. KIZEEV**, Cand. Sci. (Med.), Sanatorium Reshma, Reshma, Ivanovo region

**Denis V. KOVLEN**, Dr Sci. (Med.), Professor, S.M. Kirov Military Medical Academy, St Petersburg, Russia

**Olga M. KONOVA**, Dr Sci. (Med.), Assistant Professor, National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, Russia

**Elena V. KOSTENKO**, Dr Sci. (Med.), Professor, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

**Detelina B. KULCHITSKAYA**, Dr Sci. (Med.), Professor, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

**Elena A. KURNYAVKINA**, Dr Sci. (Med.), Professor, Sanatorium Krasnozersky, Novosibirsk, Russia

**Mikhail YU. MARTYNOV**, Dr Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

**Mikhail V. NIKITIN**, Dr Sci. (Med.), Dr Sci. (Econ.), Professor, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

**Marina A. RASSULOVA**, Dr Sci. (Med.), Professor, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

**Nino V. SICHINAVA**, Dr Sci. (Med.), Professor, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

**Elena F. TUROVININA**, Dr Sci. (Med.), Professor, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

**Maya A. KHAN**, Dr Sci. (Med.), Professor, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

**Svetlana E. KHAT'KOVA**, Dr Sci. (Med.), Professor, National Medical Research Center for Treatment and Rehabilitation Center, Moscow, Russia

**Vladimir V. KHRAMOV**, Dr Sci. (Med.), Professor, V.I. Razumovskiy Saratov State Medical University, Saratov, Russia

**Maksim YU. YAKOVLEV**, Dr Sci. (Med.), National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

**Alexander V. YASHKOV**, Dr Sci. (Med.), Professor, Samara State Medical University, Samara, Russia

**Denis BOURGEOIS**, Professor, Claude Bernard University Lyon 1, Lyon, France

**Pedro CANTISTA**, Professor, Medical Hydrology and Climatology, Porto, Portugal

**Mufit Zeki KARAGULLE**, Professor, Istanbul University, Istanbul, Turkey

**Lutz LUNGWITZ**, German Medical Wellness Association, Berlin, Germany

**Stella ODOBESKU**, Professor, National Institute of Neurology and Neurosurgery, Chisinau, Moldova

**Christian F. ROQUES**, Professor, Paul Sabatier University — Toulouse III, Toulouse, France

**Umberto SOLIMENE**, Professor, Milan University, Milan, Italy

**Luigi TESIO**, Professor, Department of Neurorehabilitation Sciences Istituto Auxologico Italiano IRCCS, Milano, Italy

---

## CHAIRS OF THE EDITORIAL COUNCIL

**Tatyana V. KONCHUGOVA**, Dr. Sci. (Med.), Professor, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

**Francisco MARAVER**, Professor, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain

---

## EDITORIAL COUNCIL

---

**Victoria A. BADTIEVA**, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

**Tatyana T. BATISHEVA**, Dr Sci. (Med.), Professor, Scientific and Practical Center for Child Psychoneurology of the Department of Children's Health Care, Moscow, Russia

**Sergey A. BOITSOV**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, E. I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia

**Igor V. BUKHTIYAROV**, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, N. F. Izmerova Research Institute of Occupational Medicine, Moscow, Russia

**Andrey V. GRECHKO**, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, Federal Scientific and Clinical Center for Resuscitation and Rehabilitation, Moscow, Russia

**Mikhail D. DIDUR**, Dr Sci. (Med.), Professor, N. P. Bekhtereva Institute of Human Brain, St Petersburg, Russia

**Oksana M. DRAPKINA**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, National Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia

**Galina E. IVANOVA, Dr Sci. (Med.)**, Professor, N. I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

**Konstantin V. KOTENKO**, Academician of the Russian Academy of Science, Dr Sci. (Med.), Professor, B. V. Petrovsky Russian Scientific Sciences of Surgery, Moscow, Russia

**Konstantin V. LYADOV**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

**Natalya G. MOKRYSHEVA**, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow, Russia

**Igor A. NARKEVICH**, Dr Sci. (Pharm.), Professor, St Petersburg State Chemical Pharmaceutical Academy, St Petersburg, Russia

**Dmitriy B. NIKITYUK**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

**Gennady G. ONISHCHENKO**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, Russian Academy of Education, Moscow, Russia

**Gennady N. PONOMARENKO**, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, G. A. Albrecht Federal Sciences Centre for Rehabilitation of the Disabled Ministry of Labour of Russia, St Petersburg, Russia

**Aleksandr N. RAZUMOV**, Dr Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

**Yuri A. RAKHMANIN**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

**Vladimir I. STARODUBOV**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, Central Research Institute of Health Organization and Informatization, Moscow, Russia

**Viktor A. TUTELYAN**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

**Ramil U. KHABRIEV**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr Sci. (Med.), Professor, N. A. Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russia

---

## PUBLISHING STAFF

---

### SCIENTIFIC EDITOR

**Tatiana V. APKHANOVA**, Dr Sci. (Med.), National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

### MANAGING EDITOR

**Maria A. GOLOVA**, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

### TECHNICAL EDITOR

**Andrey A. ZAYTSEV**, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

### TRANSLATOR

**Bella A. GAYNANOVA**, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia



### OWNER and PUBLISHER

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia



### SPONSOR

National Association of Experts in Spa Treatment, Moscow, Russia

### Journal was founded in 2002

Publication frequency: 6 issues per year

Journal is included in the list of reviewed scientific editions recommended by Higher Attestation Commission.

The journal is indexed in the following databases: Scopus, DOAJ, RSCI, eLIBRARY, ROAD, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, Russian State Library, SHERPA RoMEO, Portico.

### EDITORIAL BOARD ADDRESS

32, Novy Arbat Street, Moscow, Russia, 121099, tel.: +7 (499) 277-01-05 (1151);

e-mail: vvm@nmicrk.ru; www.vvmr.ru

**Distribution:** Union catalogue.

Russian Press / Newspapers and journals.

Index: 71713, tel.: +7 (495) 172-46-47.



More information on our website: [www.vvmr.ru](http://www.vvmr.ru)

The information is intended for healthcare professionals.

© National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

The journal is distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License [www.creativecommons.org](http://www.creativecommons.org).

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media.

Registration number

PI No. FS 77-84143

dated 10.28.2022.

Signed to print on 25.04.2023.

Published 03.05.2023.

640x900 1/8 format.

Coated paper 115 g/m<sup>2</sup>.

Offset printing.

Circulation 1000 copies. Order No. 232827.

The Journal is distributed on the territory of the Russian Federation. Free price.

The Journal was typeset and printed in the publishing house «Speaker» (Speaker, LLC)

13, p. 4, floor 2, Perevedenovsky per., Moscow, Russia, 105082.

# СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

## CONTENTS

### СТАТЬИ ARTICLES

#### ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

8

**Неоднородность функциональных улучшений у пациентов со спинальной тетраплегией: ретроспективное обсервационное продольное исследование**  
Бушков Ф.А., Разумов А.Н., Сичинава Н.В.

**Heterogeneity of Functional Improvement in Patients with Spinal Tetraplegia: a Retrospective Observational Longitudinal Study**  
Fyodor A. Bushkov, Aleksander N. Razumov, Nino V. Sichinava

#### ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

16

**Эффективность роботизированной механотерапии в реабилитации пациентов с патологией плечевого сустава: рандомизированное клиническое исследование**  
Яшков А.В., Поляков В.А., Шелыхманова М.В., Шелыхманова А.А.

**The Effectiveness of Robotic Mechanotherapy in the Rehabilitation of Patients with Shoulder Joint Pathology: Randomized Clinical Trial**  
Alexander V. Yashkov, Viktor A. Polyakov, Marina V. Shelyhmanova, Anastasia A. Shelyhmanova

#### ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

25

**Контроль и оценка эффективности двигательного режима пациентов в реабилитационном и санаторно-курортном лечении: проспективное рандомизированное исследование**  
Князева Т.А., Стяжкина Е.М., Марченкова Л.А.

**Monitoring and Evaluation of the Patients' Motor Regimen Effectiveness in Rehabilitation and Health Resort Treatment: a Prospective Randomized Study**  
Tatyana A. Knyazeva, Elena M. Styazhkina, Larisa A. Marchenkova

#### ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

32

**Психометрическая апробация скрининговых методик диагностики когнитивного статуса постинсультных пациентов: обсервационное когортное исследование**  
Котельникова А.В., Погонченкова И.В., Костенко Е.В., Петрова Л.В., Хаустова А.В.

**Psychometric Approbation of Screening Methods for the Diagnosis of Cognitive Status in a Sample of Ischemic Stroke Patients: an Observational Cohort Study**  
Anastasia V. Kotelnikova, Irena V. Pogonchenkova, Elena V. Kostenko, Liudmila V. Petrova, Anna V. Khaustova

#### ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

42

**Влияние биопластического материала на адгезию, рост и пролиферативную активность фибробластов человека в средах, имитирующих кислотность раневого ложа при остром и хроническом воспалении**  
Марков П.А., Еремин П.С., Падерин Н.М., Гильмутдинова И.Р., Костромина Е.Ю., Гребень А. И., Фесюн А.Д.

**Effect of Bioplastic Material on Adhesion, Growth and Proliferative Activity of Human Fibroblasts when Incubated in Solutions Mimic the Acidity of Wound an Acute and Chronic Inflammation**  
Pavel A. Markov, Petr S. Eremin, Nikita M. Paderin, Ilmira R. Gilmutdinova, Elena Yu. Kostromina, Anastasia I. Greben, Anatoliy D. Fesyun

#### ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

52

**ЭКГ-телемониторинг кардиальных рисков медицинской реабилитации пациентов, перенесших инсульт: контролируемое исследование в параллельных группах**  
Погонченкова И.В., Костенко Е.В., Петрова Л.В., Непринцева Н.В.

**ECG telemonitoring of Cardiac Risks in Medical Rehabilitation of Stroke Patients: Controlled Study in Parallel Groups**  
Irena V. Pogonchenkova, Elena V. Kostenko, Liudmila V. Petrova, Natalia V. Neprintseva

#### ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

66

**Использование аппаратного плазмафереза для коррекции биомаркеров старения у здоровых людей в возрасте 40–60 лет: оригинальное исследование**  
Гильмутдинова И.Р., Костромина Е.Ю., Яковлев М.Ю., Яфарова И.Х., Барышева С.А., Фесюн А.Д., Ершов А.В., Исаев А.Н., Москалев А.А.

**Hardware Plasmapheresis Use for Correction of Aging Biomarkers in Healthy Patients Aged 40–60 Years: an Original Study**  
Ilmira R. Gilmutdinova, Elena Yu. Kostromina, Maksim Yu. Yakovlev, Inessa Kh. Yafarova, Svetlana A. Barysheva, Anatoliy D. Fesyun, Anton V. Ershov, Andrey N. Isaev, Alexey A. Moskaev

#### ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

75

**Особенности работоспособности отдельных групп мышц и наличие функциональных асимметрий у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов: оригинальное исследование**  
Федулова Д.В., Бердюгин К.А.

**Individual Muscle Groups Performance Capacity Features and Presence of Functional Asymmetries in Cross-Country Skiers and Runners: an Original Study**  
Darya V. Fedulova, Kirill A. Berdyugin

## ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ / REVIEW

82

**Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция в терапии центрального постинсультного болевого синдрома: доказательная база эффективности и перспективы. Обзор**

Пойдашева А.Г., Зайцевская С.А., Бакулин И.С., Супонева Н.А., Пирадов М.А.

**Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Central Post-Stroke Pain Syndrome: Evidence Base and Prospects: a Review**

Aleksandra G. Poydasheva, Sofiya A. Zaitsevskaya, Ilya S. Bakulin, Natalia A. Suponeva, Mikhail A. Piradov

## ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ / REVIEW

96

**Применение магнитно-резонансной томографии в оценке эффективности медицинской реабилитации пациентов с остеоартрозом коленного сустава: обзорная статья**

Кульчицкая Д.Б., Юрова О.В., Севрюгина О.А.

**Application of Magnetic Resonance Imaging in Medical Rehabilitation Effectiveness Assessing for Patients with Knee Joint Osteoarthritis: a Review**

Detelina B. Kulchitskaya, Olga V. Yurova, Olga A. Sevryugina

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ / CASE REPORT

102

**Успешное преодоление односторонней пространственной агнозии в позднем восстановительном периоде ишемического инсульта: клинический случай**

Загайнова А.Ю., Кузюкова А.А., Добрякова В.В., Рашидова Э.Ш.

**Overcoming Unilateral Spatial Agnosia in the Late Recovery Period of Ischemic Stroke: a Case Report**

Anastasia Yu. Zagaynova, Anna A. Kuzyukova, Victoria V. Dobryakova, Elena Sh. Rashidova

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

112

**Влияние массажа гуа-ша на показатели микроциркуляции**

Дубинская А.Д., Юрова О.В., Рогаткин Д.А., Глазкова П.А., Глазков А.А., Красулина К.А., Селиванова Д.С., Введенская О.Ю., Шиверских Я.В.

**Changes in Microcirculation During Gua Sha Massage**

Anastasia D. Dubinskaya, Olga V. Yurova, Dmitry A. Rogatkin, Polina A. Glazkova, Alexey A. Glazkov, Ksenia A. Krasulina, Darya S. Selivanova, Olga Yu. Vvedenskaya, Yaroslav V. Shiverskikh

## ДИССЕРТАЦИОННАЯ ОРБИТА

## DISSERTATION ORBIT

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

120

**Влияние методик вторичной профилактики на приверженность к лечению в рамках кардиореабилитации пациентов после катетерной абляции: проспективное исследование**

Бадтиева В.А., Погосова Н.В., Овчинникова А.И.

**The impact of secondary prevention methods on medication adherence in cardiac rehabilitation of patients after catheter ablation: a Prospective Study**

Victoriya A. Badtieva, Nana V. Pogosova, Anastasiya I. Ovchinnikova

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

129

**Эффективность программы тренировок мышц тазового дна с БОС-терапией в сравнении с традиционными методиками медицинской реабилитации у пациенток с хроническим эндометритом в сочетании с несостоятельностью мышц тазового дна: проспективное рандомизированное исследование**

Котенко Н.В., Борисевич О.О., Романова Н.А.

**Biofeedback Therapy Pelvic Floor Muscle Training Program Efficacy vs. Traditional Methods of Medical Rehabilitation in Patients with Chronic Endometritis Associated with Pelvic Floor Muscle Failure: a Prospective Randomized Study**

Natalya V. Kotenko, Olga O. Borisevich, Natalya A. Romanova

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

136

**Эффект механотерапии и виртуальной реальности на показатели сердечно-сосудистой деятельности и выраженность одышки у пациентов, перенесших COVID-19: проспективное рандомизированное исследование**

Ансокова М.А., Марченкова Л.А., Юрова О.В., Фесюн А.Д., Князева Т.А., Вершинин А.А.

**The Effect of Mechanotherapy and Virtual Reality on Cardiovascular Activity and the Severity of Shortness of Breath in Patients with Post COVID-19 Syndrome: A Prospective Randomized Study**

Maryana A. Ansokova, Larisa A. Marchenkova, Olga V. Yurova, Anantoliy D. Fesyun, Tatyana A. Knyazeva, Alexey A. Vershinin

## В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ

## IN THE FOCUS OF ATTENTION

VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС «БАЛЬНЕОТЕРАПИЯ: НАУЧНЫЕ ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕЧЕБНЫХ СВОЙСТВ ВОДЫ» И III МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ФОРУМ «БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ-КУРОРТОВ» 22–23 МАРТА 2023 Г.

146

## Неоднородность функциональных улучшений у пациентов со спинальной тетраплегией: ретроспективное обсервационное продольное исследование

 Бушков Ф.А.<sup>1,\*</sup>,  Разумов А.Н.<sup>2</sup>,  Сичинава Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> АО «Реабилитационный центр «Преодоление», Москва, Россия

<sup>2</sup> ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Распространенность тяжелых повреждений позвоночника и спинного мозга в мире растет, при этом структура и характер восстановления утраченных функций остаются малоизученными.

**ЦЕЛЬ.** Изучить профиль изменчивости функциональной двигательной активности пациентов со спинальной тетраплегией для уточнения релевантных реабилитационных задач.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Было обследовано 190 пациентов с тяжелой цервикальной миелопатией C<sub>4</sub>-D<sub>1</sub> в возрасте 18–60 лет, у которых на протяжении 5–7 лет после спинномозгового повреждения были прослежены изменения клиничко-функционального статуса, с помощью двигательного раздела шкалы FIM (FIMm), шкалы VLT. Программа реабилитации была стандартизированной и базировалась на существующих национальных клинических рекомендациях (СРР) по физической реабилитации у спинальных пациентов.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** При поступлении возраст пациентов составил 31 (24,0; 43,0) год; доля пациентов с ДУ C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> 117 (62 %) человек, с полной повреждением, типы А и В, — 134 (70 %) пациента, мужчин 151 (79 %) человек. Функциональное улучшение по шкале VLT составило 19 (12,0; 28,0) баллов; по шкале FIMm — 14 (5,0; 21,0) баллов за весь период наблюдений и было отмечено преимущественно в первый реабилитационный цикл. Доля пациентов, полностью независимых, увеличилась по активностям FIMm: прием пищи — на 25 %, одевание верхней части туловища — на 33 %, одевание нижней части туловища — на 20 %, домен «уход за собой» — на 34 %, пересаживание в кресло-коляску — на 21 %, ходьба — на 5 %, а доля пациентов, полностью зависимых, уменьшилась: прием пищи — на 9 %, одевание верхней части — на 13 %, одевание нижней части — на 12 %, домен «уход за собой» — на 7 %, пересаживание в кресло-коляску — на 21 %, передвижение в коляске — на 11 %, ходьба — на 4,5 %. Изменения по доменам шкалы VLT составили: домен «баланс» — 14 %, 1 палец — 18 %, «кисть» — 26 %, манипуляции — 11 %. Прибавка активности «прием пищи» (FIM) была выше у пациентов с ДУ: C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub> (40–50 %) и при неполном двигательном повреждении (43 %), по доменам шкалы VLT аналогично: C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub> (12–18 %) и при неполном двигательном повреждении (20 %).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** К наиболее изменчивым функциональным активностям относятся навыки самообслуживания и трансфера, а также формирование кистевого и пальцевого захватов кисти.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** повреждение спинного мозга, реабилитация, тетраплегия, ежедневная жизнедеятельность.

**Для цитирования / For citation:** Бушков Ф. А., Разумов А. Н., Сичинава Н. В. Неоднородность функциональных улучшений у пациентов со спинальной тетраплегией: ретроспективное обсервационное продольное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):8-15. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-8-15>. [Bushkov F. A., Razumov A. N., Sichinava N. V. Heterogeneity of Functional Improvement in Patients with Spinal Tetraplegia: a Retrospective Observational Longitudinal Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):8-15. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-8-15> (In Russ.).]

\***Для корреспонденции:** Бушков Федор Анатольевич, E-mail: [bushkov@preo.ru](mailto:bushkov@preo.ru), [bushkovfedor@mail.ru](mailto:bushkovfedor@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3001-0985>

Статья получена: 20.02.2023

Поступила после рецензирования: 15.03.2023

Статья принята к печати: 25.04.2023

# Heterogeneity of Functional Improvement in Patients with Spinal Tetraplegia: a Retrospective Observational Longitudinal Study

 Fedor A. Bushkov<sup>1,\*</sup>,  Aleksander N. Razumov<sup>2</sup>,  Nino V. Sichinava<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Rehabilitation Center «Preodolenie», Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine Rehabilitation, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** The prevalence of severe spine and spinal cord injuries worldwide is increasing, while the structure and nature of recovery of lost functions remain poorly understood.

**AIM.** To study the variability of functional activities during continued rehabilitation to distinguish pure rehabilitation goals

**MATERIAL AND METHODS.** 190 patients with C<sub>4</sub>–D<sub>1</sub> tetraplegia 18–60 years old whose were under clinical and functional follow up over a period for 5–7 years after spinal cord injury were examined. They were examed using the motor section of the FIM scale (FIM<sub>m</sub>), the VLT scale. The rehabilitation program was standardized and based on the National Clinical Guidelines for physical rehabilitation in spinal cord injured patients.

**RESULTS.** At admission, the age of the patients was 31 (24.0; 43.0) years, the proportion of patients with DU C<sub>4</sub>–C<sub>6</sub> was 117 (62 %), with complete damage types A and B was 134 (70 %) patients, men 151 (79 %). Functional improvement was 19 (12.0; 28.0) points on the VLT scale; 14 (5.0; 21.0) points on the FIM<sub>m</sub> scale over the entire observation period, and was predominantly noted in the first rehabilitation cycle. The proportion of patients completely independent increased on FIM<sub>m</sub> activities: eating by 25 %, dressing the upper body by 33 %, dressing the lower body by 20 %, self-care domain by +34 %, wheelchair transfer by 21 %, walking by 5 %, and the proportion of patients completely dependent decreased: eating by 9 %, upper dressing by 13 %, lower dressing by 12 %, self-care domain by 7 %, wheelchair transfer by 21 %, wheelchair mobility by 11 %, and walking by 4.5 %. Changes on the VLT scale domains were balance domain 14 %, 1 finger 18 %, «hand» 26 %, and manipulation 11 %. The gain in food intake activity (FIM) was higher in patients with DU C<sub>6</sub>–C<sub>8</sub> (40–50 %) and incomplete motor damage (43 %), on the VLT scale domains similar to C<sub>6</sub>–C<sub>8</sub> (12–18 %), and incomplete motor damage (20 %).

**CONCLUSION.** The most significant functional recovery occurred in self-care and transfer activities, as well as hand and pinch grasping.

**KEYWORDS:** spinal cord injury, rehabilitation, tetraplegia, activities of daily living, arm hand skilled performance.

**For citation:** Bushkov F.A., Razumov A. N., Sichinava N.V. Heterogeneity of Functional Improvement in Patients with Spinal Tetraplegia: a Retrospective Observational Longitudinal Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):8-15. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-8-15> (In Russ.).

\***For correspondence:** Fedor A. Bushkov, E-mail: bushkov@preo.ru, bushkovfedor@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3001-0985>

**Received:** 20.02.2023

**Revised:** 15.03.2023

**Accepted:** 25.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

В 2006 году мировая ежегодная заболеваемость повреждением спинного мозга (СМП) составляла 23 случая на 1 миллион населения, в 2011 году в США — 39, в Западной Европе — 15, при этом мировая распространенность СМП за последние 40 лет выросла в несколько раз, составив от 280 до 900 человек на 1 миллион населения [1]. В крупных промышленных российских городах (Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Иркутске) частота позвоночно-спинномозговой травмы составляет 0,58–0,6 случая на 10 000 населения, ежегодное количество пострадавших с позвоночно-спинномозговой травмой в России увеличивается на 8000 человек [2, 3]. Отмечается увеличение доли пациентов, получивших СМП в возрасте старше 30 лет, и их средний возраст сегодня составляет уже 45 лет [4].

Известно, что уровень и степень первичного повреждения спинного мозга определяет дальнейшую функциональную судьбу пациента после СМП [5], при этом срочность выполнения декомпрессирующей операции и ряд других факторов, связанных с лечением в острейшем периоде СМП, также имеют значимое влияние на дальнейший прогноз [6]. В позднем периоде определить потолок функций (капаситет) представляется сложной задачей, а к предикторам функциональных изменений относятся: возраст пациента, вес тела, коморбидность, объем резидуальных двигательных функций [7, 8], уровень спастичности и выраженность хронической боли [9], распространенность и тяжесть суставных контрактур [10]. Стояние и ходьба являются ярким субъективным приоритетом реабилитации пациентов с параплегией и тетраплегией на ее ранних этапах, однако уже в более

позднем периоде на первое место пациенты с тетраплегией ставят двигательную функцию кисти и руки, а пациенты с параплегией — сексуальную функцию и контроль за функцией тазовых органов, что существенно отражается на качестве их жизни [11, 12].

Определение реалистичных реабилитационных задач выполняется реабилитационной командой и пациентом, и во многом их мнения совпадают, однако только в 52 % случаев поставленные реабилитационные задачи достигаются при выписке [13], в связи с чем выбор реалистичных реабилитационных задач (самообслуживание, трансфер) является актуальным направлением реабилитации, и его вполне можно осуществлять уже через 3 месяца после СМП, когда основные неврологические метаморфозы практически завершены [14, 15]. Применение пациентоориентированного подхода в организации реабилитации зачастую связано с улучшением удовлетворенности и повышением приверженности пациентов к ней [16].

### ЦЕЛЬ

Определение наиболее чувствительных к реабилитации функциональных доменов с целью определения релевантных реабилитационных задач для повышения эффективности реабилитации.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования — ретроспективное наблюдательное продольное. Исследование пациентов проводилось в период 2010–2018 гг. на базе реабилитационного центра «Преодоление» (Москва).

Критерии включения: повреждение позвоночника и спинного мозга на шейном уровне давностью более 3 месяцев; возможность пациента находиться в кресле-коляске в сидячем положении в течение более 1 часа, двигательный уровень C<sub>4</sub>–D<sub>1</sub> сегменты спинного мозга, возраст от 18 до 60 лет. Критерии исключения: острые хронические инфекционные или соматические заболевания или их обострение; большие пролежни на пятках и ягодичной области, грубые суставные контрактуры конечностей, прогрессирующая миелопатия.

Нами было изучено 450 медицинских карт, анализ которых позволил отобрать 190 пациентов с цервикальной тетраплегией. На основании изученных историй болезни срок наблюдения за пациентами составил от 3 месяцев до 7 лет после СМП, каждый пациент за это время получил около 5 курсов тридцатидневной реабилитации (4,7 ± 1,79 курса). Следует отметить, что большинство пациентов с цервикальной тетраплегией проходило подряд от 2 до 3 циклов реабилитации (в среднем 2,5 ± 1,62 курса). Весь период наблюдения за состоянием пациента был разделен на три отрезка четырьмя контрольными точками: точка 1 (T<sub>1</sub>) — состояние перед началом первого курса реабилитации, точка 2 (T<sub>2</sub>) — состояние по окончании первичного курса реабилитации; точка 3 (T<sub>3</sub>) — состояние пациента через 1 год после первичного реабилитационного курса, точка 4 (T<sub>4</sub>) — состояние пациента через 2–5 лет после первичного курса реабилитации, давность СМП в этой точке составила 4 (2,0; 7,0) года.

Курс реабилитации традиционно состоял из занятий лечебной физкультурой (ЛФК), занятий по социально-бытовой адаптации, психологической коррекции, про-

цедур медицинского массажа, физиотерапевтического лечения. Лечебная физкультура включала упражнения на циклическом силовом тренажере с технологией биологической обратной связи (Motomed Viva2, Германия); физические упражнения общеразвивающей и силовой направленности, дыхательные упражнения, а также пассивное растяжение спастических мышц туловища и нижних конечностей; тренировку актуальных двигательных навыков — поворотов, присаживаний, пересаживаний, перемещения в кресле-коляске, а также drobных этапных вертикализаций на ортостоле и/или тренажере-вертикализаторе [17, 18].

Социально-бытовая адаптация с инструктором-методистом включала в себя физические упражнения для отработки навыков одевания, раздевания, личной гигиены, приема пищи, пользования адаптивными столовыми приборами, навыков баланса и перемещения в кресле-коляске, метод проведения индивидуальный. Физиотерапевтические процедуры включали в себя динамическую низкочастотную магнитотерапию по продольной методике на позвоночник (Magnitomed 2000, длительностью по 20 мин, № 10), пневмокомпрессию нижних конечностей в положении на спине (Pressomed 2900, 20 мин, № 10). Лечебный массаж включал в себя поочередный массаж спины, грудной клетки, верхних и нижних конечностей с целью улучшения трофики, снижения мышечного спастического тонуса, улучшения клиренса бронхиального дерева (30 мин, № 10). Психологическая коррекция включала в себя психологическую диагностику, несколько занятий психологической релаксации или проблемной психотерапии (45 мин, № 4).

Исходы реабилитации регистрировались в точках T<sub>1</sub> и T<sub>4</sub> (в начале реабилитации и по окончании последнего реабилитационного курса за указанный период наблюдения). В основе оценки клинического состояния лежал Международный стандарт неврологической классификации травмы спинного мозга (International Standard Classification Spinal Cord Injury, ISCSI) Американской ассоциации спинальной травмы (ASIA) с выделением двигательного уровня (ДУ) и степени полноты повреждения (ПП) спинного мозга; степень общей функциональной независимости оценивалась с помощью двигательного раздела шкалы Functional Independence Measure (FIMm), функции верхних конечностей — с помощью короткой версии теста Ван-Люшот (Van Lieshout test, VLT) [18, 19].

Двигательный раздел FIM (FIMm) состоит из 13 двигательных заданий, объединенных в 4 домена, оценивающих двигательные навыки: самообслуживание, трансфер, тазовые органы, мобильность — от 1 до 7 баллов; все оценки могут суммироваться (максимальная сумма составляет 91 балл) или считаются отдельно по выбранной активности и/или отдельно по каждому домену. Оценка двигательных навыков верхней конечности и кисти осуществлялась с помощью VLT, который включает в себя 10 активностей, разделенных на 4 домена: «баланс» (баланс туловища), «1 палец» (функция большого пальца), «захват» (хватательная функция кисти), «манипуляции» (манипуляции с предметами). Оценка производится с каждой стороны (5 баллов — наилучшая кисть, 0 баллов — худшая), итоговый результат получается путем суммирования результатов правой и левой верхней конечности (максимальная сумма составляет 100 баллов) [20, 21].

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации. Подписания информированного согласия об участии в исследовании не требовалось, учитывая ретроспективный характер исследования. Данные представлены в виде среднего и среднеквадратического отклонения, в некоторых случаях — медианы и интерквартильного размаха (25; 75 перцентили). Нормальность распределения признаков определялась с помощью метода построения гистограмм, W-критерия Шапиро — Уилка. Выполнялся дисперсионный анализ повторных измерений (критерий Фишера), гомоскедастичность оценивалась с помощью теста Левена, множественные сравнения выполнялись с помощью критерия Тьюки. Статистически значимым принимался результат, если вероятность отвергнуть нулевую гипотезу ( $H_0$ ) об отсутствии различий не превышала 5 % ( $p < 0,05$ ). Полученные нами данные обрабатывались методами статистического анализа при помощи статистического пакета Statistica 14,0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

По двигательному уровню (ДУ) пациенты распределились следующим образом:  $C_4$  — 14 (7 %),  $C_5$  — 36 (19 %),  $C_6$  — 67 (35 %),  $C_7$  — 50 (26 %),  $C_8$  — 16 (9 %),  $D_1$  — 7 (4 %); по полноте повреждения (ПП): тип А — 118 пациентов, В — 16, С — 44, D — 11, E — 1 пациент. Причины повреждения спинного мозга в 176 случаях были травматическими, в 14 случаях — нетравматические (опухоли, дегенеративные или врожденные изменения, нарушения спинального кровообращения). Возраст пациентов ( $n=190$ ) составил 31 (24,0; 43,0) год, давность СМП — 2 (1,0; 4,0) года, количество мужчин — 151 (79 %), женщин — 39 (21 %).

Сравнение полученных данных с помощью дисперсионного анализа показало, что функциональные исходы в периоды  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  отличаются от  $T_1$  по шкале FIM<sub>m</sub>, но между собой значимых различий не имеют (критерий F (3, 864) = 21,136,  $p = 0,00$ , критерий Левена MS = 32,0; F = 1,02;  $p = 0,12$ ; критерий Тьюки MS = 124,92,  $ss = 264$ ;  $p = 0,00$ ). По шкале VLT нами были получены аналогичные результаты (критерий F (3, 864) = 18,856,  $p = 0,00$ ; критерий Левена MS = 31,0; F = 1,7;  $p = 0,14$ ; критерий Тьюки MS = 148,93,  $ss = 264,00$ ;  $p = 0,00$ ). Динамика изменения функционального статуса в начале ( $T_1$ ) и в конце цикла наблюдения ( $T_4$ ) по шкале VLT составила 19 (12,0; 28,0) баллов; по шкале FIM<sub>m</sub> — 14 (5,0; 21,0) баллов, что указывает на то, что наиболее эффективным был первый реабилитационный цикл (табл. 1).

Динамика изменений функционального состояния

по доменам и отдельным активностям шкалы FIM<sub>m</sub> рассмотрена на примере активности «прием пищи». В зависимости от ДУ реализация активности «прием пищи» до начала периода наблюдения ( $T_1$ ) была следующей: полностью зависимыми были 13 % пациентов, умеренно зависимыми — 63 %, самостоятельно принимали пищу 24 % пациентов. В конце периода наблюдения ( $T_4$ ) полностью зависимыми стало 4 % (уменьшение на 9 %) пациентов, умеренно зависимыми — 37 % (уменьшение на 26 %), самостоятельными — 59 % пациентов (прибавка составила 25 %) (табл. 2). Полностью независимыми в приеме пищи было 100 % пациентов с ДУ  $D_1$ , 94 % — с  $C_8$ , 90 % — с  $C_7$ , 55 % — с  $C_6$ , 22 % — с  $C_5$ , 1 пациент — с  $C_4$ . Прибавление функциональной независимости в зависимости от ДУ было следующим:  $C_4$  — 0,  $C_5$  — 11 %,  $C_6$  — 40 %,  $C_7$  — 50 %,  $C_8$  — 50 %,  $D_1$  — 27 %. Обращает на себя внимание то, что у некоторых пациентов с высоким ДУ ( $C_5$ – $C_6$ ) имеется полная независимость, это можно связать с асимметрией ДУ между левой и правой половинами тела.

В зависимости от ПП до реабилитации (точка  $T_1$ ) полностью зависимыми было 25 (13 %) пациентов, из них неполное повреждение было у 3 пациентов, умеренно зависимыми — 119 (63 %), неполное повреждение — у 30 пациентов, самостоятельными были 46 (24 %) пациентов. После реабилитации количество полностью зависимых пациентов уменьшилось на 9 %, умеренно зависимых — на 26 %, а самостоятельно принимать пищу стало на 35 % пациентов больше (табл. 3). У пациентов с полным двигательным повреждением доля полностью зависимых уменьшилась на 12 (9 %) человек, полностью независимых — увеличилась на 33 (25 %) пациента, с неполным двигательным повреждением доля полностью зависимых уменьшилась на 2 (4 %) пациента, полностью независимых — увеличилась на 24 (43 %).

Аналогичным образом были проанализированы и остальные активности шкалы FIM<sub>m</sub> (табл. 4). Отдельное внимание следует обратить на активности «ходьба», так: в точке  $T_1$  не ходили 168 (88,5 %) пациентов, ходили с помощью — 18 (9,5 %), ходили самостоятельно 4 (2 %) пациента (тип D и E), после окончания наблюдения (точка  $T_4$ ) не ходят 160 (84 %), ходят с помощью — 17 (9 %), ходят самостоятельно — 13 (7 %), из них у 5 пациентов — тип C, у 7 пациентов — тип D, у 1 пациента — тип E.

Таким образом, активность «ходьба» менее изменчива и, соответственно, менее релевантна для реабилитационных задач (прибавка составляет всего 5 %), при этом

**Таблица 1.** Динамика функционального статуса за весь период наблюдения  
**Table 1.** Changes in functional status during the observation period

Шкалы / Scales	Точка 1 ( $T_1$ ) / Point 1	Точка 2 ( $T_2$ ) / Point 2	Точка 3 ( $T_3$ ) / Point 3	Точка 4 ( $T_4$ ) / Point 4
FIM <sub>m</sub> , баллы / score	35 ± 19,3	44 ± 19,8	48 ± 21,6	49 ± 21,5
VLT, баллы / score	30 ± 18,8	45 ± 20,4	49 ± 21,9	49 ± 21,8

**Примечание:** FIM<sub>m</sub> — двигательный раздел шкалы функциональной независимости, VLT — шкала оценки функции верхней конечности.

**Note:** FIM<sub>m</sub> — motor domain Functional Independence Measure; VLT — Van Lieshout test.

**Таблица 2.** Независимость выполнения активности «прием пищи» в зависимости от двигательного уровня  
**Table 2.** Independence of performing the «eating» activity depending on the motor level

Группы ДУ / ML groups	1–2 балла / points	3–5 баллов / points	6–7 баллов / points	1–2 балла / points	3–5 баллов / points	6–7 баллов / points
	T <sub>1</sub>			T <sub>4</sub>		
C <sub>4</sub>	9	4	1	6	7	1
C <sub>5</sub>	11	21	4	1	27	8
C <sub>6</sub>	5	52	10	0	30	37
C <sub>7</sub>	0	30	20	0	5	45
C <sub>8</sub>	0	9	7	0	1	15
D <sub>1</sub>	0	3	4	0	0	7
<b>Итого / Sum</b>	<b>25 (13 %)</b>	<b>119 (63 %)</b>	<b>46 (24 %)</b>	<b>7 (4 %)</b>	<b>70 (37 %)</b>	<b>113 (59 %)</b>

**Примечание:** ДУ — двигательный уровень.

**Note:** ML — motor level.

**Таблица 3.** Активность «прием пищи» в зависимости от полноты повреждения спинного мозга  
**Table 3.** Independence of performing the «eating» activity depending on the functional impairment

Полнота повреждения / Completeness of injury	1–2 балла / score	3–5 баллов / score	6–7 баллов / score	1–2 балла / score	3–5 баллов / score	6–7 баллов / score
	T <sub>1</sub>			T <sub>4</sub>		
<b>Тип А и В / Type A and B</b>	22	89	23	6	62	66
<b>Тип С, D и E / Type C, D and E</b>	3	30	23	1	8	47
<b>Итого / Sum</b>	<b>25 (13 %)</b>	<b>119 (63 %)</b>	<b>46 (24 %)</b>	<b>7 (4 %)</b>	<b>70 (37 %)</b>	<b>113 (59 %)</b>

обладающая наибольшей функциональной значимостью для пациента. В остальных же доменах увеличение доли полностью независимых пациентов составило 20–34 %, уменьшение доли полностью зависимых пациентов — 7–21 %.

К наиболее чувствительным к изменениям активностям можно отнести: «уход за собой» (прибавление на 34 %), «передвижение в кресле-коляске» (прибавление на 34 %), «одевание верхней части туловища» (прибавление на 33 %), «прием пищи» (прибавление на 25 %), «пересаживание в коляску» (прибавление на 21 %, убавление на 21 % соответственно), что подчеркивает их ведущее значение при выборе реабилитационных задач (табл. 4).

Динамика изменений функционального состояния по доменам шкалы VLT у пациентов с ДУ C<sub>4</sub> составила 0 %, с ДУ C<sub>5</sub> — от 0 % до 6 %, с ДУ C<sub>6</sub> — от 15 % до 27 %, с ДУ C<sub>7</sub> — от 12 до 24 %, с ДУ C<sub>8</sub> — от 12 до 19 %, с ДУ D<sub>1</sub> — от 0 до 28 % (однако при этом количество больных в этой группе крайне низкое). Наиболее чувствительными к функциональным изменениям являются пациенты с ДУ C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub> (прибавка составляет 12–27 %), а минимальной изменчивостью обладают пациенты с ДУ C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> (прибавка 0–6 %). При этом баланс туловища, и хватательная функция кисти у пациентов с ДУ D<sub>1</sub> не пре-

терпевают каких-либо изменений, что может указывать на их высокие стартовые значения (табл. 5).

На фоне реабилитации изменения двигательных способностей верхней конечности были более выражены у пациентов с неполным повреждением спинного мозга и составили 18–25 %, в то время как у пациентов с полным повреждением они составили 7–16 % (табл. 6).

Исходя из изменчивости по доменам наиболее выраженная динамика была отмечена в домене «кисть» (26 %), что отражает формирование функционального кистевого тенодеза, умеренная динамика была в домене «1 палец» (18 %), отражающая формирование пальцевых захватов, минимальная динамика наблюдалась в доменах «баланс» (14 %) и «манипуляции» (11 %). Последнее подчеркивает распространенность повреждения собственных мышц кисти с учетом их определяющей роли в формировании мелкой моторики кисти (табл. 7).

Полученные нами данные показывают, что хватательные кистевые навыки, элементы самообслуживания и передвижения в кресле-коляске — наиболее чувствительные сферы для реабилитационных усилий. При этом обращает на себя внимание опыт наших отечественных коллег, которые рассматривали эффективность реабилитации только с точки зрения восстановления

**Таблица 4.** Суммарная функциональной независимости по активностям шкалы FIMm за все время наблюдений  
**Table 4.** Functional independence in activities of FIM motor subscale for the observation period

Домены FIM <sub>m</sub> / Domains FIM motor	Полностью зависимые (%) / Severe dependence, 1–2 балла / points			Умеренно зависимые (%) / Moderate dependence, 3–5 баллов / points			Независимые (%) / Independence, 6–7 баллов / points		
	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	Δ	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	Δ	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	Δ
Прием пищи / Meal intake	13	4	-9	63	37	-26	24	59	+25
Одевание верхней части туловища / Upper body dressing	26	13	-13	59	39	-20	15	48	+33
Одевание нижней части туловища / Lower body dressing	52	40	-12	42	34	-8	6	26	+20
Уход за собой / Self-care	21	14	-7	60	40	-20	19	53	+34
Пересаживание в коляску / Transfer to wheelchair	37	16	-21	49	43	-6	16	37	+21
Передвижение в коляске / Mobility	20	9	-11	56	33	-23	24	58	+34
Ходьба / Walking	88,5	84	-4,5	9,5	9	-0,5	2	7	+5

именно функции ходьбы [22, 23]. Известно, что пациенты с ДУ C<sub>6</sub> могут принимать самостоятельно пищу с помощью кистевых ортезов и/или адаптированных столовых приборов, частично независимы при осуществлении пересаживаний, перемещении в кровати и в кресле-коляске, одевании и раздевании; а пациенты с ДУ C<sub>7</sub>–D<sub>1</sub>

практически полностью самостоятельны в реализации всех навыков ежедневной жизнедеятельности и самообслуживания [24].

С другой стороны, клиническое исследование по стандарту классификации ASIA имеет крайне высокую степень прогностической точности уже при его

**Таблица 5.** Динамика улучшений шкалы VLT в зависимости от двигательного уровня (более 50 %)  
**Table 5.** The dynamics of VLT scale improvements depending on the motor level (score more than 50 %)

ДУ / ML	Баланс / Balance	1 палец / Thumb	Кисть / 2–5 Fingers	Манипуляции / Manipulations
C <sub>4</sub>	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
C <sub>5</sub>	1 (3 %)	1 (3 %)	2 (6 %)	0 (0 %)
C <sub>6</sub>	10 (15 %)	18 (27 %)	16 (24 %)	12 (18 %)
C <sub>7</sub>	12 (24 %)	12 (24 %)	10 (20 %)	6 (12 %)
C <sub>8</sub>	3 (19 %)	2 (12 %)	3 (19 %)	2 (12 %)
D <sub>1</sub>	0 (0 %)	2 (28 %)	0 (0 %)	1 (14 %)

**Примечание:** ДУ — двигательный уровень.  
**Note:** ML — motor level.

**Таблица 6.** Динамика изменений шкалы VLT в зависимости от полноты повреждения спинного мозга (более 50 %)  
**Table 6.** The dynamics of VLT scale improvements depending on the functional impairment (score more than 50 %)

Полнота повреждения (тип) / Completeness of injury (types)	Баланс / Balance	1 палец / Thumb	Кисть / 2–5 Fingers	Манипуляции / Manipulations
A, B	14 (10 %)	21 (16 %)	21 (16 %)	10 (7 %)
C, D и E	12 (21 %)	14 (25 %)	10 (18 %)	11 (20 %)

**Таблица 7.** Результаты реабилитации по доменам шкалы VLT  
**Table 7.** Results of rehabilitation by domains of the VLT scale

Домены / Domains	T <sub>1</sub> (> 50 %) / Point 1 more 50 %	T <sub>4</sub> (50 и < %) / Point 4 50 % and less	Прибавка (%) / Changes
Баланс / Balance	39	53	14
1 палец / Thumb	29	47	18
Кисть / 2–5 Fingers	28	44	26
Манипуляции / Manipulations	26	37	11

выполнении в 72 часа и 30 суток после СМП травматического характера, при этом дополнительные методы (нейрофизиологический, нейровизуализационный, иммуноклеточный) имеют лишь уточняющее прогностическое значение [4, 6, 15]. Таким образом, нам нужно лишь определить, к какому двигательному уровню будет принадлежать пациент, а он, как известно, может опуститься на 1–2 сегмента каудально в остром периоде СМП [14]. Это, собственно, и определит дальнейший круг реабилитационных усилий и функциональных способностей

пациента в рамках совместной работы реабилитационной команды [13, 25].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее чувствительными сферами реабилитации пациентов с тетраплегией являются кистевой, пальцевой захваты, баланс туловища, навыки самообслуживания, передвижение в кресле-коляске, пересаживание в него и обратно, что и должно являться мишенями для реабилитационных усилий.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Бушков Федор Анатольевич**, кандидат медицинских наук, врач РЦ «Преодоление».

E-mail: bushkov@preo.ru, bushkovfedor@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3001-0985>

**Разумов Александр Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ».

E-mail: a-razumov@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5389-7235>

**Сичинава Нино Владимировна**, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ».

E-mail: sichi.24@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7732-6020>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный

вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Бушков Ф.А. — сбор материала, статистическая обработка, написание и редактирование текста статьи; Сичинава Н.В. — проверка и редактирование рукописи, верификация данных; Разумов А.Н. — методология и научное обоснование.

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения Москвы» (протокол № 1 от 06.02.2020).

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

### ADDITIONAL INFORMATION

**Fedor A. Bushkov**, Ph.D. (Med.), Physician RC «Preodolenie».

E-mail: bushkov@preo.ru, bushkovfedor@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3001-0985>

**Alexander N. Razumov**, Dr. Sci. (Med), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine Rehabilitation.

E-mail: a-razumov@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5389-7235>

**Nino V. Sichinava**, Dr. Sci. (Med.), Senior Research Officer, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation,

Restorative and Sports Medicine Rehabilitation.

E-mail: sichi.24@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7732-6020>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special Contributions: Bushkov F.A. — collection and statistical processing of the materials, writing an article; Razumov A.N. — concept and design of the study; Sichinava N.V. — editing, analysis of the received

data. Funding. This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Ethics Approval.** The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with

the 2013 Declaration of Helsinki. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine (Protocol No. 1, 06.02.2020).

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

## Список литературы / References

1. National Spinal Cord Injury Statistical Center. Spinal Cord Injury: facts and figures at a glance. *The Journal of Spinal Cord Medicine*. 2014; 37(3): 355–6. <https://doi.org/10.1179/1079026814Z.000000000260>.
2. Леонтьев М.А. Эпидемиология спинальной травмы и частота полного анатомического повреждения спинного мозга. Актуальные проблемы реабилитации инвалидов. Новокузнецк. 2003: 37–38. [Leont'ev M.A. Epidemiologiya spinal'noj travmy i chastota polnogo anatomicheskogo povrezhdeniya spinnogo mozga. Aktual'nye problemy rehabilitacii invalidov. Novokuzneck. 2003: 37–38 (In Russ.).]
3. Морозов И.Н., Млявух С.Г. Эпидемиология позвоночно-спинномозговой травмы (обзор). Медицинский альманах. 2011; 4(17): 157–159. [Morozov I.N., Mlyavuh S.G. Epidemiologiya pozvonochno-spinnomozgovoј travmy. *Medicinskij Al'manah*. 2011; 4 (17): 157–159 (In Russ.).]
4. National Spinal Cord Injury Statistical Center (SCISC). The 2008 annual statistical report for the spinal cord injury model systems.
5. Marino R.J., Ditunno Jr. J.F., Donovan W.H., Maynard Jr.F. Neurologic recovery after traumatic spinal cord injury: data from the Model Spinal Cord Injury Systems. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1999; 80(11): 1391–1396.
6. Sharif S., Jazaib Ali M.Y. Outcome Prediction in Spinal Cord Injury: Myth or Reality. *World Neurosurgery*. 2020; (140): 574–590. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.05.043>.
7. Van Middendorp J.J., Hosman A.J.F., Donders A.R.T., Pouw M.H., Ditunno Jr. J.F., Curt A., C H Geurts A.C.H., Van de Meent H., EM-SCI Study Group. A clinical prediction rule for ambulation outcomes after traumatic spinal cord injury: a longitudinal cohort study. *The Lancet*. 2011; 377(9770): 1004–10. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)62276-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)62276-3).
8. Velstra I.M., Bolliger M., Krebs J., Rietman J.S., Curt A. Predictive Value of Upper Limb Muscles and Grasp Patterns on Functional Outcome in Cervical Spinal Cord Injury. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2016; 30(4): 295–306. <https://doi.org/10.1177/1545968315593806>.
9. Finnerup N.B. Neuropathic pain and spasticity: intricate consequences of spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2017; 55(12): 1046–1050. <https://doi.org/10.1038/sc.2017.70>.
10. Diong J., Harvey L.A., Kwah L.K., Eyles J., Ling M.J., Ben M., Herbert R.D. Incidence and predictors of contracture after spinal cord injury — a prospective cohort study. *Spinal Cord*. 2012; 50(8): 579–84. <https://doi.org/10.1038/sc.2012.25>.
11. Anderson K.D. Targeting recovery: priorities of the spinal cord-injured population. *Journal of Neurotrauma*. 2004; 21(10): 1371–83. <https://doi.org/10.1089/neu.2004.21.1371>.
12. Simpson L.A., Eng J.J., Hsieh J.T.C., Wolfe D.W., Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence Scire Research Team. The Health and Life Priorities of Individuals with Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Journal of Neurotrauma*. 2012; 29(8): 1548–55. <https://doi.org/10.1089/neu.2011.2226>.
13. Schönherr M.C., Groothoff J.W., Mulder G.A., Eisma W.H. Prediction of functional outcome after spinal cord injury: a task for the rehabilitation team and the patient. *Spinal Cord*. 2000; 38(3): 185–91. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100965>.
14. Burns A.S., Ditunno J.F. Establishing prognosis and maximizing functional outcomes after spinal cord injury: a review of current and future directions in rehabilitation management. *Spine*. 2001; 26(24): 137–145. <https://doi.org/10.1097/00007632-200112151-00023>.
15. Bozzo A., Marcoux J., Radhakrishna M., Pelletier J., Goulet B. The role of magnetic resonance imaging in the management of acute spinal cord injury. *Journal of Neurotrauma*. 2011; 28(8): 1401–1411. <https://doi.org/10.1089/neu.2009.1236>.
16. Donnelly C., Eng J.J., Hall J., Alford L., Giachino R., Norton K., Kerr D.S. Client-centred assessment and the identification of meaningful treatment goals for individuals with a spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2004; 42(5): 302–7. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101589>.
17. Ginis K.A., Van der Scheer J.W., Latimer-Cheung A.E. Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: an update and a new guideline. *Spinal Cord*. 2018; 56(4): 308–321. <https://doi.org/10.1038/s41393-017-0017-3>.
18. Ведение больных с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы на втором и третьем этапах медицинской и медико-социальной реабилитации. Клинические рекомендации. М., 2017: 326 с. [Vedenie bol'nyh s posledstviyami pozvonochno-spinnomozgovoј travmy na vtorem i tret'em etapah medicinskoј i mediko-social'noj rehabilitacii. Klinicheskie rekomendacii. Moscow. 2017: 326 p. (In Russ.).]
19. Mulcahey M.J., Hutchinson D., Kozin S. Assessment of upper limb in tetraplegia: considerations in evaluation and outcomes research. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2007; 44(1): 91–102.
20. Harvey L.A., Glinsky J.V., Chu J. Do any physiotherapy interventions increase spinal cord independence measure or functional independence measure scores in people with spinal cord injuries? A systematic review. *Spinal Cord*. 2021; 59(7): 705–715. <https://doi.org/10.1038/s41393-021-00638-0>.
21. Post M.W.M., Van Lieshout G., Seelen H.A.M., Snoek G.J., Jzerman I.M., Pons C. Measurement properties of the short version of the Van Lieshout test (VLT-SF). *Spinal Cord*. 2006; 44(12): 763–71. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101937>.
22. Даминов В.Д., Зимина Е.В., Уварова О.А., Кузнецов А.Н. Роботизированная реконструкция ходьбы у больных в промежуточном периоде позвоночно-спинномозговой травмы. Вестник восстановительной медицины. 2009; 3(31): 62–64. [Daminov V.D., Zimina E.V., Uvarova O.A., Kuznetsov A.N. Robotizirovannaya rekonstrukciya hod'by u bol'nyh v promezhutochnom periode pozvonochno-spinnomozgovoј travmy. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2009; 3(31): 62–64 (In Russ.).]
23. Бодрова Р.А., Аухадеев Э.И., Якупов Р.А., Закамырдина А.Д. Эффективность активной медицинской реабилитации у пациентов с травматической болезнью спинного мозга. Доктор.ру. 2016; 12(129): 31–38. [Bodrova R.A., Auhadeev E.I., Yakupov R.A., Zakamyrdina A.D. Effektivnost' aktivnoj medicinskoј rehabilitacii u pacientov s travmaticheskoi boleznyu spinnogo mozga. *Doktor.ru*. 2016; 12(129): 31–38 (In Russ.).]

## Эффективность роботизированной механотерапии в реабилитации пациентов с патологией плечевого сустава: рандомизированное клиническое исследование

 Яшков А.В.\*,  Поляков В.А.,  Шельхманова М.В.,  Шельхманова А.А.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Длительная гиподинамия, связанная с обострением хронического заболевания или иммобилизацией верхней конечности после травм и операций, ведет к развитию функциональных нарушений в плечевом суставе и развитию вторичных изменений, таких как мышечные атрофии, контрактуры, остеопороз. Поэтому патогенетически обосновано раннее применение функциональных методов лечения, среди которых важное место занимает механотерапия на роботизированных аппаратах.

**ЦЕЛЬ.** Изучить эффективность использования аппарата FLEX-F04 при заболеваниях и повреждениях плечевого сустава. **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Согласно критериям включения, под нашим наблюдением находилось 60 пациентов. Методом случайной выборки все пациенты были разделены на две группы, по 30 человек в каждой. Всем пациентам проводили клиническое обследование, оценивали альгофункциональный индекс по шкале ВАШ, степень нарушений функции в руке, плече и кисти по вопроснику DASH, электротермометрию. В обеих группах пациенты ежедневно в течение 10 дней получали комплексное лечение: лечебную гимнастику, массаж верхней конечности надплечья и области лопатки, электростимуляцию дельтовидной мышцы. У пациентов основной группы дополнительно был применен аппарат роботизированной механотерапии верхних конечностей FLEX-F04 по разработанной нами методике.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В результате лечебно-реабилитационных мероприятий отмечали достоверное увеличение углов сгибания, горизонтальной аддукции, абдукции, внешней и внутренней ротации в плечевом суставе, снижение болевого синдрома и увеличение повседневной активности по вопроснику DASH у пациентов обеих групп. В основной группе эти показатели были достоверно лучше, чем в группе сравнения. Повышение теплового излучения в результате процедуры роботизированной механотерапии составило в среднем  $0,6 \pm 0,1$  °С.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Роботизированная механотерапия позволяет осуществлять движение в плечевом суставе в соответствии с его биомеханикой, снижать нагрузку на мышечно-связочный аппарат и тем самым предотвращать появление или усиление болевого компонента во время процедуры. Это способствует активному увеличению амплитуды движений и улучшению функциональных возможностей плечевого сустава, что позитивно отражается на повседневной активности. Повышение теплового излучения в области плечевого сустава в процессе процедуры может служить косвенным признаком улучшения микроциркуляции и нейрососудистой регуляции.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Использование аппарата роботизированной механотерапии верхних конечностей FLEX-F04 по предложенной методике увеличивает объем движений в плечевом суставе, снижает болевой синдром, усиливает кровообращение области плечевого сустава и улучшает нейрососудистую регуляцию, увеличивает повседневную бытовую активность. Раннее включение аппарата в реабилитационный процесс позволяет сократить продолжительность восстановительного лечения и достичь функционального объема движений в плечевом суставе.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** продолжительная пассивная механотерапия, роботизированная механотерапия, контрактура, патология плечевого сустава, реабилитация, функциональный метод.

**Для цитирования / For citation:** Яшков А.В., Поляков В.А., Шельхманова М.В., Шельхманова А.А. Эффективность роботизированной механотерапии в реабилитации пациентов с патологией плечевого сустава: рандомизированное клиническое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):16-24.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-16-24>. [Yashkov A.V., Polyakov V.A., Shelyhmanova M.V., Shelyhmanova A.A. The Effectiveness of Robotic Mechanotherapy in the Rehabilitation of Patients with Shoulder Joint Pathology: Randomized Clinical Trial. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 16-24. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-16-24> (In Russ.)]

\***Для корреспонденции:** Яшков Александр Владимирович, E-mail: [a\\_yashkov@mail.ru](mailto:a_yashkov@mail.ru), [a.v.yashkov@samsmu.ru](mailto:a.v.yashkov@samsmu.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1875-572X>

Статья получена: 03.03.2023

Поступила после рецензирования: 05.04.2023

Статья принята к печати: 27.04.2023

# The Effectiveness of Robotic Mechanotherapy in the Rehabilitation of Patients with Shoulder Joint Pathology: Randomized Clinical Trial

 Alexander V. Yashkov\*,  Viktor A. Polyakov,  Marina V. Shelyhmanova,  
 Anastasia A. Shelyhmanova

Samara State Medical University, Samara, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Prolonged inactivity associated with exacerbation of a chronic disease or immobilization of the upper limb after injuries and operations leads to the development of functional disorders in the shoulder joint and the development of secondary changes, such as muscle atrophy, contractures, osteoporosis. Therefore, the early application of functional methods of treatment is pathogenetically justified, among which mechanotherapy on robotic devices occupies an important place.

**AIM.** To study the effectiveness of using the FLEX-F04 device in diseases and injuries of the shoulder joint.

**MATERIALS AND METHODS.** According to the inclusion criteria, 60 patients were under our supervision. By random sampling, all patients were divided into two groups of 30 people each. All patients underwent a clinical examination, assessed algofunctional index on the VAS scale, the degree of dysfunction in the arm, shoulder and hand according to the DASH questionnaire, electrothermometry.

**RESULTS.** As a result of treatment and rehabilitation measures, there was a significant increase in the angles of flexion, horizontal adduction, abduction, external and internal rotation in the shoulder joint, a decrease in pain syndrome and an increase in daily activity according to the DASH questionnaire in patients of both groups. In the main group, these indicators were significantly better than in the comparison group. The increase in thermal radiation as a result of the robotic mechanotherapy procedure averaged  $0.6 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ .

**DISCUSSION.** Robotic mechanotherapy allows movement in the shoulder joint in accordance with its biomechanics, reduces the load on the musculoskeletal system and thereby prevents the appearance or strengthening of the pain component during the procedure. This contributes to an active increase in the amplitude of movements and improvement of the functional capabilities of the shoulder joint, which has a positive effect on daily activity. An increase in thermal radiation in the shoulder joint area during the procedure can serve as an indirect sign of improved microcirculation and neuro-vascular regulation.

**CONCLUSION.** The use of the «FLEX-F04» robotic mechanotherapy device of the upper extremities according to the proposed method increases the volume of movements in the shoulder joint, reduces pain syndrome, increases blood circulation of the shoulder joint area and improves neuro-vascular regulation, increases daily household activity. Early inclusion of the device in the rehabilitation process makes it possible to shorten the duration of rehabilitation treatment and achieve a functional range of movements in the shoulder joint.

**KEYWORDS:** long-term passive mechanotherapy, robotic mechanotherapy, contracture, shoulder joint pathology, rehabilitation, functional method.

**For citation:** Yashkov A.V., Polyakov V.A., Shelyhmanova M.V., Shelyhmanova A.A. The Effectiveness of Robotic Mechanotherapy in the Rehabilitation of Patients with Shoulder Joint Pathology: Randomized Clinical Trial. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):16-24. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-16-24> (In Russ.).

\***For correspondence:** Alexander V. Yashkov, E-mail: a\_yashkov@mail.ru, a.v.yashkov@samsmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1875-572X>

**Received:** 03.03.2023

**Revised:** 05.04.2023

**Accepted:** 27.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Заболевания и травмы плечевого сустава — частая патология опорно-двигательной системы. Вне зависимости от этиопатогенеза нозологий ведущим клиническим синдромом в этих случаях являются боль, контрактура и синдром нарушения плечелопаточного ритма. Причины, вызывающие болевой синдром и ограничение функции, обусловлены как развитием истинно суставного патологического процесса, так и результатом измененного состояния периартикулярных тканей [1].

Высокая частота поражения плечевого сустава в значительной степени объясняется особенностями его анатомии и биомеханики, а также физиологией сухожильной ткани. Признанными провоцирующими факторами развития клинической симптоматики являются большая подвижность и недостаточная стабильность головки плеча в суставной впадине лопатки, нарушение центровки головки плечевой кости в суставе, короткая клювовидно-акромиальная связка, серповидный акромион 2–3-го типа, уязвимость структур периферической нервной системы в области плечевого пояса и плеча, неадекват-

ные функциональные нагрузки на нервно-мышечный и связочный аппарат плечевого сустава [2].

К наиболее выраженным клиническим проявлениям поражения плечевого сустава относят болевой синдром. Распространенность его высока и достигает 26 % случаев [3, 4].

По литературным данным, 65 % боли в плече обусловлены патологией вращающей манжеты плеча, 11 % — воспалением перикапсулярной мускулатуры, 10 % — патологией акромиально-ключичного сустава, 3 % — артрозом плечевого сустава, а в 5 % боль иррадирует из шейного отдела позвоночника при остеохондрозе [4].

Боли в этих случаях могут быть обусловлены первичным дегенеративным процессом в мышцах и сухожилиях или сочетанием патологических процессов, связанных с хронической микротравматизацией, ишемией или реактивным воспалением в мышце, капсуле сустава.

Развитие болевого синдрома неизбежно сопровождается быстро прогрессирующими ранними нарушениями функции сустава, следствием которых является формирование стойкой контрактуры плечевого сустава, ограничение движений и снижение качества жизни пациентов [5, 6].

В клинической практике чаще всего встречаются комбинированные посттравматические контрактуры, связанные в основном с мягкими тканями и патологическими рефлекторными реакциями, сопровождающимися развитием защитного гипертонуса мышц, окружающих сустав. После повреждений, заболеваний и особенно после оперативных вмешательств на плечевом суставе нередко развиваются функциональные нарушения, резко ограничивающие двигательные возможности больного. Поэтому патогенетически обосновано раннее применение функциональных методов лечения [7].

Длительная гиподинамия, связанная с обострением хронического заболевания, с иммобилизацией конечности при травме или в связи с проведением операции на суставе, ведет к развитию вторичных изменений: мышечные атрофии, контрактуры, остеопороз и другие изменения в тканях опорно-двигательной системы, которые значительно затрудняют восстановление двигательной функции [8]. Гиподинамия резко снижает уровень адаптации организма к физическим нагрузкам, замедляет процессы регенерации в суставах.

Основными задачами при проведении реабилитационных мероприятий как при травмах, так и при заболеваниях крупных суставов, являются уменьшение болевого синдрома, отека и трофических нарушений в конечностях, расслабление околоуставных мышечных групп, увеличение подвижности и эластичности мягкотканых периартикулярных тканей, увеличение амплитуды движений в суставе [9]. Эти задачи могут быть достигнуты при комплексном подходе, предусматривающем применение наряду с фармакотерапией передовых методов физиотерапии и лечебной гимнастики [10–12].

С учетом патогенеза заболевания важное значение при проведении лечебно-реабилитационных мероприятий должны занимать методы, направленные на улучшение функции пораженного сустава. В последние годы широкое признание получили роботизированные аппараты для пассивной механотерапии (CPM-Continuous Passive Motion), используемые для реабилитации паци-

ентов с двигательными нарушениями верхней конечности [13].

Среди отечественных реабилитационных технологий, предназначенных для пассивной механотерапии плечевого сустава, заслуживает внимания аппарат FLEX-F04. Вместе с тем сведений в научной литературе, отражающих его клиническую эффективность при различных нозологических формах плечевого сустава, представлено недостаточно.

## ЦЕЛЬ

Изучить эффективность использования аппарата FLEX-F04 (ООО «НВП «Орбита», Россия) при заболеваниях и повреждениях плечевого сустава.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### *Критерии включения и исключения пациентов в исследование*

В наблюдательное, одноцентровое, проспективное, сплошное, контролируемое исследование были включены пациенты с заболеваниями и повреждениями плечевого сустава в возрасте от 42 до 68 лет, имеющие контрактуру плечевого сустава, давшие согласие. Пациентов, давших отказ, имеющих физиологический объем движений в оперированном суставе, острый период воспалительного процесса, спастический паралич, нестабильный остеосинтез, с лихорадкой, с обострением сопутствующих соматических заболеваний, после хирургических вмешательств по поводу злокачественных новообразований, имеющих противопоказания к методам физиотерапии, не включали в исследование.

### *Объекты исследования*

Проведение клинического исследования согласовано с Комитетом по биоэтике при Самарском государственном университете (протокол № 186 от 04.10.2017) The clinical trial was coordinated with the Bioethics Committee at Samara State University (Protocol No. 186 dated 04.10.2017). Согласно критериям включения, под нашим наблюдением в условиях клиник ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России находилось 60 пациентов: 41 женщина и 19 мужчин. Методом случайной выборки все пациенты были разделены на две группы, по 30 человек в каждой. Средний возраст пациентов группы сравнения составил  $56,4 \pm 0,4$  года, а основной —  $58,3 \pm 0,4$ . В обеих группах преобладали женщины. В группе сравнения — 21 женщина (70 %) и 9 мужчин (30 %); в основной — 20 женщин (66,7 %) и 10 мужчин (33,3 %). В обеих группах одинаково часто наблюдали контрактуры со стороны как правой, так и левой конечности. Распределение контрактур суставов по нозологии не имело достоверных различий в группах (табл. 1).

Угол сгибания в плечевом суставе до лечения в основной группе составил  $133,7 \pm 1,2^\circ$ , в группе сравнения —  $129,2 \pm 1,9^\circ$ . Обе группы пациентов были сопоставимы по возрасту, полу, причине заболевания и степени тугоподвижности суставов. Таким образом, сравнительному анализу были подвержены две сходные группы людей с контрактурой плечевого сустава.

С целью определения влияния роботизированной механотерапии верхних конечностей от аппарата

**Таблица 1.** Распределение пациентов с контрактурой плечевого сустава по нозологии  
**Table 1.** Distribution of patients with shoulder joint contracture by nosology

Этиология контрактур / Etiology of contractures	Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)				Группа сравнения (n = 30) / Comparison group (n = 30)			
	Правая верхняя конечность / Right upper limb		Левая верхняя конечность / Left upper limb		Правая верхняя конечность / Right upper limb		Левая верхняя конечность / Left upper limb	
	n = 18	60 %	n = 12	40 %	n = 17	56,7 %	n = 13	43,3 %
Перелом плечевой кости / Fracture of the humerus	10	33,3	8	26,4	9	29,7	9	29,7
Повреждение связок плечевого сустава / Damage to the ligaments of the shoulder joint	3	9,9	2	6,6	4	13,2	1	3,3
Плечелопаточный периартрит / Shoulder periarthritis	3	9,9	2	6,6	2	6,6	1	3,3
Деформирующий остеоартроз плечевого сустава / Deforming osteoarthritis of the shoulder joint	1	3,3	0	0	1	3,3	1	3,3
Эндопротезирование плечевого сустава / Shoulder joint replacement	1	3,3	0	0	0	0	1	3,3

FLEX-F04 (регистрационное удостоверение на медицинское изделие № РЗН 2018/7155 от 18.05.2018) на лечебно-реабилитационный процесс при заболеваниях и повреждениях плечевого сустава проводили клиническое обследование больных, оценивали альгофункциональный индекс по ВАШ (визуально-аналоговой шкале) и степень нарушений функции в руке, плече и кисти по вопроснику DASH (Disability of the Arm, Shoulder and Hand Outcome Measure — опросник исходов и неспособности руки и кисти).

Клиническое обследование включало сбор жалоб, анамнеза, врачебный осмотр, ангулометрию. Оценку функциональных возможностей пациента проводили по вопроснику DASH, отражающему мнение пациента об ограничениях повседневной бытовой активности, связанных с нарушением движения верхней конечности и позволяющему мониторировать состояние больного в течение времени. Тест состоит из 30 вопросов: физические функции; оценка тяжести симптомов; социальное функционирование с 5-балльной градацией ответов и подсчетом общих значений с трансформацией в 100-балльную оценку. Более высокая оценка означает большую неспособность, 0 — отсутствие признаков неспособности.

Для оценки особенности кровообращения, нейрососудистой регуляции при заболеваниях и повреждениях плечевого сустава и влияния предложенной медицинской технологии проводили электротермометрию персональным тепловизором CEM®-Thermo Diagnostics (ЗАО «СЕМ-Технолоджи», Россия), который является бес-

контактным регистратором теплового излучения с исследуемой зоны. Исследование проводили в первый и последний день лечения на аппарате FLEX-F04 до начала процедуры и сразу после ее окончания. Изучали терморегуляцию области плечевого сустава в 3 точках [14]: 1-я точка — на передней поверхности плечевого сустава, 2-я — в области акромиального отростка, 3-я — на задней поверхности плечевого сустава. Исследование проводили при температуре воздуха в помещении  $23,0 \pm 1,0$  °C, скорости движения воздуха не более 0,25 м/с, относительной влажности 50–70 % в утренние часы. Перед исследованием исключали прием медикаментозных препаратов, физических и физиотерапевтических процедур, способных повлиять на состояние периферического кровотока. Обследование проводили после минимальной адаптации — 5 минут, в положении больного сидя.

Измерение проводили в указанных точках больного сустава и в симметричных точках здорового сустава, а затем вычисляли разницу температур между симметричными точками по формуле:  $\Delta T = T$  (больной) —  $T$  (здоровой), где  $T$  — температура.

#### Методы обработки данных

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программных приложений Microsoft Excel 2013 и Statistica 13.0 0 фирмы STATSOFT, Россия. Описательные статистики представлены в работе в виде среднего и стандартного отклонений ( $M \pm SD$ ). Проверку соответствия распределения выборочных значений закону нормального распределения производили с помощью

критерия Колмогорова — Смирнова. Сравнение средних значений для параметрических показателей производили с использованием критерия Стьюдента, для непараметрических — по критерию Вилкоксона — Манна — Уитни с использованием одностороннего и двустороннего тестов. Для оценки корреляционной связи между признаками использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. За критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании принимали  $p < 0,05$ .

### Протокол процедур

В группе сравнения и основной группе пациенты ежедневно в течение 10 дней получали комплексное лечение: лечебную гимнастику групповым методом в зале, согласно нозологии, в течение 30 минут, массаж верхней конечности надплечья и области лопатки, электростимуляцию дельтовидной мышцы по традиционной методике от аппарата «Амплипульс-5» (ООО «НПФ «Электроаппарат», Россия). У пациентов основной группы дополнительно к перечисленному лечению был применен аппарат роботизированной механотерапии верхних конечностей FLEX-F04 по разработанной нами методике.

Конструктивные особенности аппарата для продолжительной пассивной механотерапии плечевого сустава FLEX-F04 позволяют выполнять движения в плечевом суставе в сагитальной плоскости (сгибание/разгибание  $30-175^\circ$ ), во фронтальной плоскости (приведение/отведение  $30-175^\circ$ ), в горизонтальной плоскости (приведение/отведение  $0-120^\circ$ ), внешнюю и внутреннюю ротацию  $90-0-90^\circ$  и, в соответствии с заданным режимом работы, производить постепенное увеличение амплитуды движений в суставе в трех плоскостях, с установленной оптимальной скоростью.

Методика проведения процедур на аппарате для продолжительной пассивной механотерапии плечевого сустава FLEX-F04. Каждую процедуру проводили в двух отведениях, в 2–3 подхода, один подход продолжался не более 10 минут. С углом горизонтального отведения  $90^\circ$  проводили один или два подхода. Если проводили два подхода с углом горизонтального отведения  $90^\circ$ , то первый и второй подход проводили с одинаковыми параметрами настройки аппарата или во втором подходе увеличивали угол абдукции (по ощущениям пациента). Один подход (последний) проводили с меньшим углом горизонтального отведения. Его устанавливали путем отведения исполнительного механизма назад — по ощущениям пациента.

При настройке аппарата контролировали, чтобы пациент не испытывал чувство боли и не производил поворот корпуса в сторону больной руки.

В день проводили только 1 процедуру пассивной непрерывной механотерапии. Курс лечения составлял 10–15 процедур. Курс считали законченным при достижении абдукции  $175^\circ$  и внутренней ротации  $-70^\circ$ . При сохранении контрактуры плечевого сустава повторный курс пассивной роботизированной механотерапии рекомендовали через 2–4 недели.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

После проведенных лечебно-реабилитационных мероприятий отмечали достоверное увеличение углов

сгибания, горизонтальной абдукции, абдукции, внешней и внутренней ротации в плечевом суставе у пациентов обеих групп (табл. 2). Увеличение угла сгибания в основной группе в среднем составило  $28,3 \pm 0,8^\circ$  за курс лечения, который в среднем включал 8,9 процедуры. В группе сравнения увеличение угла сгибания было достоверно меньше  $8,7 \pm 1,1^\circ$  за 10 дней лечебно-реабилитационных мероприятий. В основной группе внутренняя ротация увеличилась на  $19,9 \pm 1,1^\circ$ , внешняя — на  $18,8 \pm 0,5^\circ$ . В группе сравнения увеличение было достоверно меньше — на  $4,5 \pm 0,6^\circ$  и  $7,2 \pm 0,7^\circ$  соответственно, что говорит о меньшей функциональной активности плечевого сустава в группе сравнения к концу курса лечебно-реабилитационных мероприятий.

Следует отметить, что все пациенты основной группы процедуру пассивной механотерапии на аппарате FLEX-F04 переносили хорошо. Со 2-го дня лечения болевые ощущения пациентов уменьшались и позволяли увеличивать углы на  $5-10^\circ$  в течение процедуры. Угол сгибания в плечевом суставе ежедневно увеличивался в среднем на  $2,8^\circ$ , внутренняя и внешняя ротация — на  $2,0^\circ$  каждая, что расширяло двигательную активность пациентов и создавало позитивный настрой на лечение.

Показатели болевого синдрома в плечевом суставе в первый день реабилитации по ВАШ не имели достоверных различий ( $4,2 \pm 0,09$  — в группе сравнения и  $4,3 \pm 0,08$  — в основной группе) и оценивались как умеренная боль (мешающая деятельности). По завершении курсового лечения болевой синдром достоверно снизился до показателя  $2,9 \pm 0,09$  в группе сравнения и  $2,0 \pm 0,08$  в основной группе, в среднем имел оценку «легкая боль» (боль, которую можно игнорировать), однако в основной группе его снижение было достоверно большим (табл. 3).

По вопроснику DASH, пациенты группы сравнения и основной группы в первый день лечения имели схожий уровень ограничений в повседневной бытовой активности, связанный с нарушением движений верхней конечностью. В результате 10-дневного курсового лечения у пациентов обеих групп повседневная активность улучшилась, однако в группе сравнения она была достоверно большей.

Регистрация теплового излучения области плечевых суставов (здорового и больного) до лечебно-реабилитационных мероприятий показала отсутствие разницы температур в симметричных точках более чем на  $0,6^\circ\text{C}$ . Это говорит об отсутствии термографических признаков воспаления в больном суставе (табл. 4). Показатели точек № 1 и 3 области плечевого сустава имели достоверное повышение температуры после первой процедуры на аппарате FLEX-F01. После последней процедуры повышение температуры было достоверным в трех точках. Процедуры роботизированной механотерапии повышают тепловое излучение в среднем на  $0,6 \pm 0,1^\circ\text{C}$  за 20–30 минут пассивной непрерывной механотерапии.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Плечевой сустав — один из сложных суставов в организме человека. В связи с большой подвижностью и особенностями анатомического строения он нуждается в точном центрировании головки плечевой кости к поверхности сустава, что может быть достигнуто только слаженной работой мышечно-связочного аппарата ротаторной манжетки плеча [15]. Оптимальные условия воспроизведения рисунка

**Таблица 2.** Динамика ангулометрии по CPM ( $M \pm m$ )  
**Table 2.** Dynamics of angulometry by CPM ( $M \pm m$ )

Показатели / Indicators	Группа сравнения (n = 30) / Comparison Group (n = 30)		Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)	
	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment
Сгибание, градус / Flexion, degree	129,2 ± 1,9	137,9 ± 0,7*	133,7 ± 1,2	161,9 ± 0,7*#
Горизонтальная аддукция, градус / Horizontal adduction, degree	23,2 ± 0,3	22,1 ± 0,2*	22,2 ± 0,4	13,5 ± 0,2*#
Абдукция, градус / Abduction, degree	127,1 ± 1,6	134,2 ± 1,3*	125,9 ± 1,4	147,7 ± 1,0*#
Внутренняя ротация, градус / Internal rotation, degree	-36,5 ± 0,6	-41,0 ± 0,6*	-38,4 ± 0,9	-58,3 ± 0,8*#
Внешняя ротация, градус / External rotation, degree	48,1 ± 0,7	55,3 ± 0,9*	46,0 ± 0,8	64,9 ± 0,5*#

**Примечание:** # — критерий достоверности различий среднеарифметических показателей между группами до или после лечения меньше 0,05 ( $p < 0,05$ ); \* — критерий достоверности различий среднеарифметических показателей в группе до и после лечения меньше 0,05 ( $p < 0,05$ ).

**Note:** # — the criterion for the reliability of differences in arithmetic mean values between the groups before or after treatment is less than 0.05 ( $p < 0.05$ ); \* — the criterion for the reliability of differences in arithmetic mean values in the group before and after treatment is less than 0.05 ( $p < 0.05$ ).

паттерна пассивного движения в плечевом суставе обеспечивают механоаппараты, работающие на электроприводе по заданной программе. Роботизированная механотерапия позволяет осуществлять движение в плечевом суставе в соответствии с его биомеханикой, снижать нагрузку на мышечно-связочный аппарат и тем самым предотвращать появление или усиление болевого компонента во время процедуры. Проведенное клиническое наблюдение по-

казало значимое снижение болевого синдрома у пациентов, которым проводили пассивную роботизированную механотерапию на аппарате FLEX-04. У этой категории пациентов в процессе курсового лечения в более ранние сроки увеличивалась амплитуда движений, существенно улучшались функциональные возможности плечевого сустава, что позитивно отразилось на их повседневной активности. После окончания курса реабилитации средний балл по опроснику

**Таблица 3.** Динамика субъективной оценки состояния пациентом ( $M \pm m$ )  
**Table 3.** Dynamics of subjective assessment of the patient's condition ( $M \pm m$ )

Показатели / Indicators	Группа сравнения (n = 30) / Comparison Group (n = 30)		Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)	
	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment
ВАШ, балл / VAS, score	4,2 ± 0,09	2,9 ± 0,09*	4,3 ± 0,08	2,0 ± 0,08*#
Вопросник DASH, балл / Questionnaire DASH, score	56,1 ± 1,1	45,2 ± 1,3*	58,8 ± 1,7	40,3 ± 1,2*#

**Примечание:** # — критерий достоверности различий среднеарифметических показателей между группами до или после лечения меньше 0,05 ( $p < 0,05$ ); \* — критерий достоверности различий среднеарифметических показателей в группе до и после лечения меньше 0,05 ( $p < 0,05$ ).

**Note:** # — the criterion for the reliability of differences in arithmetic mean values between the groups before or after treatment is less than 0.05 ( $p < 0.05$ ); \* — the criterion for the reliability of differences in arithmetic mean values in the group before and after treatment is less than 0.05 ( $p < 0.05$ ).

**Таблица 4.** Динамика показателей электротермометрии в основной группе,  $M \pm m$   
**Table 4.** Dynamics of electrothermometry indicators in the main group,  $M \pm m$

Точка измерения / Measuring point	Первая процедура (n = 30) / The first procedure (n = 30)		Последняя процедура (n = 30) / Last procedure (n = 30)	
	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment
1	32,7 ± 0,19	33,4 ± 0,23*	32,6 ± 0,2	33,4 ± 0,22*
2	32,5 ± 0,18	33,0 ± 0,2	32,5 ± 0,19	33,1 ± 0,18*
3	32,6 ± 0,23	33,3 ± 0,22*	32,7 ± 0,14	33,2 ± 0,19*
Среднее значение / Average value	32,6 ± 0,2	33,2 ± 0,2*	32,6 ± 0,2	33,2 ± 0,2*

**Примечание:** \* — критерий достоверности различий среднеарифметических показателей в группе до и после лечения меньше 0,05 ( $p < 0,05$ ).

**Note.** \* — the criterion for the reliability of differences in arithmetic mean values in the group before and after treatment is less than 0.05 ( $p < 0.05$ ).

DASH улучшился в основной группе на 18,5 балла, что в 1,9 раза больше, чем в группе сравнения.

Раннее включение в реабилитационный комплекс пассивных упражнений способствовало улучшению активации регионарного кровообращения в области сустава, улучшению трофики тканей. Результаты динамической электротермометрии в нашем исследовании могут служить косвенным признаком улучшения микроциркуляции области сустава и нейрососудистой регуляции.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важным звеном в физической реабилитации пациентов с нарушенной функцией плечевого сустава является применение роботизированной механотерапии. При ее использовании необходимо учитывать общие принципы лечения контрактур: раннее начало, адекватность интенсивности воздействия, многократность повторений в реабилитационном комплексе. Это повышает эффективность реабилитационных мероприятий и обеспечивает повышение уровня качества жизни пациентов с патологией плечевого сустава.

Использование аппарата роботизированной механотерапии верхних конечностей FLEX-F04 по предло-

женной методике увеличивает объем движений в плечевом суставе, снижает болевой синдром, усиливает микроциркуляцию области плечевого сустава и улучшает нейрососудистую регуляцию, уменьшает уровень ограничений в повседневной бытовой активности, что ускоряет процесс восстановления и позволяет сократить количество повторных лечебно-реабилитационных курсов.

Аппарат роботизированной механотерапии верхних конечностей FLEX-F04 можно рекомендовать как эффективное средство ранней (в течение первого года) и поздней (до 10 лет) реабилитации после перенесенных повреждений и заболеваний плечевого сустава. Раннее включение аппарата в реабилитационный процесс позволяет сократить курс восстановительного лечения, уменьшить количество проводимых курсов, увеличить вероятность достижения функционального объема движений в плечевом суставе. Использование аппарата FLEX-F04 на всех этапах реабилитации для пациентов с повреждениями и заболеваниями плечевого сустава позволит уменьшить длительность периода временной нетрудоспособности и предупредить инвалидность.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Яшков Александр Владимирович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской реабилитации, спортивной медицины, физиотерапии и курортологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: a\_yashkov@mail.ru, a.v.yashkov@samsmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1875-572X>

**Поляков Виктор Алексеевич**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации, спортивной медицины, физиотерапии и курортологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: viktorpolyakov47@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9161-6534>

**Шельхманова Марина Владимировна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации,

спортивной медицины, физиотерапии и курортологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: shelmv@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6383-6791>

**Шельхманова Анастасия Алексеевна**, студентка, Институт педиатрии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: shelykhmanova99@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2365-9224>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен

следующим образом: Яшков А.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Поляков В.А. — написание текста, сбор и обработка материала; Шельхманова М.В. — написание текста, сбор и обработка материала; Шельхманова А.А. — оформление списка литературы, статистическая обработка данных.

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие других явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение клинического исследования согласовано с Комитетом по биоэтике при Самарском государственном университете (протокол № 186 от 04.10.2017).

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Alexander V. Yashkov**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Medical Rehabilitation, Sports Medicine, Physiotherapy and Balneology, Samara State Medical University. E-mail: a\_yashkov@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1875-572X>

**Viktor A. Polyakov**, Ph.D. (Med.), Associate Professor of the Department of Medical Rehabilitation, Sports Medicine, Physiotherapy and Balneology, Samara State Medical University. E-mail: viktorpolyakov47@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9161-6534>

**Marina V. Shelyhmanova**, Ph.D. (Med.), Associate Professor of the Department of Medical Rehabilitation, Sports Medicine, Physiotherapy and Balneology, Samara State Medical University. E-mail: shelmv@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6383-6791>

**Anastasia A. Shelyhmanova**, student of the Institute of Pediatrics, Samara State Medical University.

E-mail: shelykhmanova99@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2365-9224>

**Author Contributions.** All authors confirm the compliance of their authorship, according to the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Yashkov A.V. — concept and design of the study, editing; Polyakov V.A. — writing the text, collecting and processing the material; Shelyhmanova M.V. — writing the text, collecting and processing the material; Shelyhmanova A.A. — design of the list of references, statistical data processing.

**Funding.** This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Ethics Approval.** The authors state that all the procedures used in this paper comply with the ethical standards of the institutions that carried out the study and comply with the Helsinki Declaration as revised in 2013. The clinical trial was coordinated with the Bioethics Committee at Samara State University (Protocol No. 186, 04.10.2017).

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

## Список литературы / References

1. Шавловская О.А., Гордеева И.Е., Ансаров Х.Ш., Прокофьева Ю.С. Хронический болевой синдром при заболеваниях периартикулярных тканей. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020; 120(3): 109–118. <https://doi.org/10.17116/jnevro2020120031109> [Shavlovskaya O.A., Gordeeva I.E., Ansarov K.S., Prokofieva Yu.S. Chronic pain syndrome in diseases of periarticular tissues. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2020; 120(3): 109–118. <https://doi.org/10.17116/jnevro2020120031109> (In Russ.).]
2. Кутя С.А., Ткач А.В. Функциональная анатомия плечевого сустава в норме и при повреждении вращательной манжеты. Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. 2019; 9(3): 61–67. [Kutia S.A., Tkach A.V. Functional anatomy of the shoulder joint in normal and damaged rotator cuff. *Krymskij Zhurnal Eksperimental'noj i Klinicheskoy Mediciny*. 2019; 9(3): 61–67 (In Russ.).]
3. Гаврилюк С.А. Повышение эффективности восстановительного лечения пациентов с воспалительно-дегенеративными заболеваниями ротаторной манжеты плеча. Известия Российской военно-медицинской академии. 2019; 38 (1–1): 90–92. [Gavrilyuk S.A. Improving the effectiveness of restorative treatment of patients with inflammatory and degenerative diseases of the rotator cuff of the shoulder. *Izvestia of the Russian Military Medical Academy*. 2019; 38 (1–1): 90–92 (In Russ.).]
4. Калинин Е.Б., Слияков Л.Ю., Черняев А.В., Гончарук Ю.Р., Лычагин А.В. Полиморфизм проявлений шейно-плечевого синдрома у пациентов с последствиями травм плечевого сустава и надплечья. Клинико-статистическое обоснование. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2019; 14 (4): 590–595. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14147> [Kalinsky E.B., Slinyakov L.Yu., Chernyaev A.V., Goncharuk Yu.R., Lychagin A.V. Polymorphism of manifestations of the cervical-shoulder syndrome in patients with results of injuries of the shoulder joint and shoulder girdle. Clinical and statistical substantiation. *Medical News of the North Caucasus*. 2019; 14(4): 590–595. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14147> (In Russ.).]
5. Иванов В.А., Харченко В.В., Лашин В.Э. Плече-лопаточный периартрит. Интегративные тенденции в медицине и образовании. 2021; (1): 41–48. [Ivanov V.A., Kharchenko V.V., Lashin V.E. Shoulder-scapular periartthritis. *Integrativnye Tendencii v Medicine i Obrazovanii*. 2021; (1): 41–48 (In Russ.).]
6. Майко О.Ю., Туkenova Г.Б. Оценка качества жизни при остеоартрите плечевого сустава в условиях поликлиники. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022; (11): 30–35. [Maiko O.Yu., Tukenova G.B. Assessment of the quality of life in osteoarthritis of the shoulder joint in a polyclinic. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2022; (11): 30–35 (In Russ.).]
7. Бобунов Д.Н., Михайлов В.Д., Овсянников М.С., Баядян Л.О., Танвердиев Д.К., Черемисина Т.Е., Кузнецова Е.Д., Гаджиев И.Г., Сироткина А.С. Лечебная физкультура при повреждении ротаторной манжеты плеча. Уральский медицинский журнал. 2019; 14(182): 92–99. [Bobunov D.N., Mikhailov V.D., Ovsyannikov M.S., Bayadyan L.O., Tanverdiev D.K., Cheremisina T.E., Kuznetsova E.D., Gadzhiev I.G., Sirotkina A.S. Therapeutic physical education in case of damage to the rotator cuff of the shoulder. *Ural Medical Journal*. 2019; 14(182): 92–99 (In Russ.).]
8. Тутуров А.О., Кузьмин П.Д., Пиманчев О.В. Хирургическая стабилизация плечевого сустава. Результаты пятилетнего опыта. Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2021; 16(1): 39–45. <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2021.48.23.007> [Tuturov A.O., Kuzmin P.D., Pimanchev O.V. Surgical stabilization of the shoulder joint. The results of five years of experience. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2021; 16(1): 39–45. <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2021.48.23.007> (In Russ.).]

9. Бобунов Д.Н., Михайлов В.Д., Татарин Н.Т., Бровина Н.В., Думбадзе Р.Д., Борисова Н.Е., Лапаева О.Е., Щербатых Н.А., Сinyaкова Я.Г. Лечебная физкультура при травматических повреждениях плечевой кости (1-й этап восстановительного лечения). Уральский медицинский журнал. 2020; 3(186): 133–140. <https://doi.org/10.25694/URMJ.2020.03.27> [Bobunov D.N., Mikhailov V.D., Tatarin N.T., Brovina N.V., Dumbadze R.D., Borisova N.E., Lapayeva O.E., Shcherbatykh N.A., Sinyakova Ya.G. Physical therapy for traumatic injuries of the humerus (1st stage of rehabilitation treatment). *Ural Medical Journal*. 2020; 3(186): 133–140. <https://doi.org/10.25694/URMJ.2020.03.27> (In Russ.).]
10. Кабаев Е.М., Симонов К.В., Хамад Ю.А. Совершенствование методов анализа биомеханики плечевого сустава в послеоперационной реабилитации. Медицина и высокие технологии. 2020; (1): 27–34. [Kabaev E.M., Simonov K.V., Hamad Yu.A. Improvement of methods of analysis of biomechanics of the shoulder joint in postoperative rehabilitation. *Journal Medicine and High Technology*. 2020; (1): 27–34. (In Russ.).]
11. Никитин М.В., Кончугова Т.В., Павловский С.А. Инновационные технологии в санаторно-курортном лечении пациентов с плечелопаточным болевым синдромом. Вестник восстановительной медицины. 2020; 2(96): 90–93. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-90-93> [Nikitin M.V., Konchugova T.V., Pavlovsky S.A. Innovative technologies in the sanatorium treatment of patients with shoulder pain syndrome. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 2(96): 90–93. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-90-93> (In Russ.).]
12. Буйлова Т.В., Балчугов В.А., Северова Е.А. Плечелопаточный болевой синдром у пациентов, занимающихся физической культурой и спортом: современные аспекты реабилитации. Вестник восстановительной медицины. 2020; 2(96): 24–43. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-24-28> [Buylova T.V., Balchugov V.A., Severova E.A. Shoulder pain syndrome in patients engaged in physical culture and sports: modern aspects of rehabilitation. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 2(96): 24–43. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-24-28> (In Russ.).]
13. Старосельский Я.Л., Мельничук Н.В., Мельничук В.И. Методика механотерапии в коррекции повреждения капсульно-связочного аппарата плечевого сустава у ватерполистов. Физическая культура студентов. 2020; 69(2): 43–46. [Staroselsky Ya.L., Melnichuk N.V., Melnichuk V.I. The method of mechanotherapy in the correction of damage to the capsule-ligamentous apparatus of the shoulder joint in water polo players. *Physical culture of students*. 2020; 69(2): 43–46 (In Russ.).]
14. Голованова М.В., Потехина Ю.П., Плохов Р.А. Руководство пользователя инфракрасного термометра СЕМ®Thermodiagnostics. Н.Новгород: «Беремот». 2008: 32 с. [Golovanova M.V., Potekhina Yu.P., Plokhov R.A. User manual of the infrared thermometer SEM® Thermodiagnostics. Nizhny Novgorod. Behemoth. 2008: 32 p. (In Russ.).]
15. Калинин Е.Б., Черняев А.В., Слияков Л.Ю., Богатов В.Б., Гончарук Ю.Р., Чеканов А.С., Колышенков В.А., Еремушкин М.А. Оценка биомеханических нарушений плечевого сустава у пациентов с шейно-плечевым синдромом после травм надплечья. Российский журнал биомеханики. 2020; 24(2): 196–202. [Kalinskiy E.B., Chernyaev A.V., Slinyakov L.Yu., Bogatov V.B., Goncharuk Yu.R., Chekanov A.S., Kolyshenikov V.A., Eremushkin M.A. Assessment of biomechanical disorders of the shoulder joint in patients with cervical-shoulder syndrome after injuries of the upper arm. *Russian Journal of Biomechanics*. 2020; 24(2): 196–202 (In Russ.).]



## Контроль и оценка эффективности двигательного режима пациентов в реабилитационном и санаторно-курортном лечении: проспективное рандомизированное исследование

 Князева Т.А.\*  Стяжкина Е.М.,  Марченкова Л.А.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** В медицине дистанционный мониторинг (ДМ) является клиничко-цифровой технологией с программным обеспечением, датчиками и оборудованием для передачи сигналов от пациентов и анализа их врачом. Определение характера и объема двигательной активности пациентов является определяющим условием в программах медицинской реабилитации. Однако существующие мониторинговые системы наблюдения не оценивают эти параметры.

**ЦЕЛЬ.** Научно обоснованная разработка усовершенствованной информационной методологии дистанционного мониторинга объема и характера двигательной активности пациентов в соответствии с их физиологическими возможностями для реабилитации в санаторно-курортных организациях.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Использовался программно-аппаратный комплекс (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611766 от 01.02.2022) с функцией регистрации двигательной активности и показателей ЧСС пользователей. В исследовании приняли участие 80 пациентов в круглосуточном стационаре: 42 пациентам проводилась программа реабилитации по поводу хронической ИБС, перенесенного инфаркта миокарда (I25.2 по МКБ-10); 38 пациентам — по поводу постковидного синдрома (U09.9 по МКБ-10).

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** При оценке двигательной активности было выявлено, что у пациентов, страдающих хронической ишемической болезнью сердца с инфарктом миокарда в анамнезе, среднее количество шагов в день — 8877,5, а в группе U09.9 — 9430,03. Общая плотность двигательной нагрузки соответствовала 33–34%. Отношение времени дневного бодрствования ко времени активных процедур в группах соответствовала 27,6% и 20,1%. После курса реабилитации отмечалось улучшение вегетативной регуляции, по коэффициенту выносливости сохранялось ослабление деятельности сердечно-сосудистой системы в обеих группах, несмотря на некоторое улучшение показателей в 1-й группе с  $18,50 \pm 0,80$  до  $16,50 \pm 0,15$  ( $p < 0,05$ ), уровень гемодинамической нагрузки на сердечно-сосудистую систему улучшился только во 2-й группе с  $95,1 \pm 5,1$  до  $80,1 \pm 2,5$  ( $p < 0,01$ ). В обеих группах остался сниженным адаптационный потенциал системы кровообращения.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Разработанная технология дистанционного мониторинга двигательного режима пациентов предназначена для реабилитационных и санаторно-курортных организаций для оценки программ медицинской реабилитации по интенсивности лечебной физкультуры, тренирующей зоны интенсивности двигательной нагрузки по ЧСС, и моторной плотности реабилитационных мероприятий.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** телемедицина, дистанционный мониторинг, медицинская реабилитация, лечебная физкультура, двигательный режим.

**Для цитирования / For citation:** Князева Т.А., Стяжкина Е.М., Марченкова Л.А. Контроль и оценка эффективности двигательного режима пациентов в реабилитационном и санаторно-курортном лечении: проспективное рандомизированное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):25-31.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-25-31> [Knyazeva T.A., Styazhkina E.M., Marchenkova L.A. Monitoring and [Evaluation of the Patients' Motor Regimen Effectiveness in Rehabilitation and Health Resort Treatment: a Prospective Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 25-31.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-25-31> (In Russ.)]

\***Для корреспонденции:** Князева Татьяна Александровна, E-mail: [knyazevata@nmicrk.ru](mailto:knyazevata@nmicrk.ru), [tatjanaknyazewa@yandex.ru](mailto:tatjanaknyazewa@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3384-5205>

Статья получена: 14.02.2023

Поступила после рецензирования: 10.03.2023

Статья принята к печати: 07.04.2023

# Monitoring and Evaluation of the Patients' Motor Regimen Effectiveness in Rehabilitation and Health Resort Treatment: a Prospective Randomized Study

 Tatyana A. Knyazeva\*,  Elena M. Styazhkina,  Larisa A. Marchenkova

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** In medicine, remote monitoring (RM) is a clinical digital technology with software, sensors and equipment for transmitting signals from patients and analyzing them by a physician. Determination of the nature and volume of motor activity of patients is a key condition in medical rehabilitation programs. However, existing monitoring surveillance systems do not assess these parameters.

**AIM.** To scientifically substantiate the development of an improved information methodology for remote monitoring of the volume and nature of patients' motor activity in accordance with their physiological capabilities for rehabilitation in sanatoriums.

**MATERIALS AND METHODS.** A hardware and software complex was used (certificate of state registration of a computer program No. 2022611766 dated 01.02.2022) with the function of registering motor intensity and heart rate indicators of users. The study involved 80 patients in a 24-hour hospital. 42 patients received a rehabilitation program for chronic coronary heart disease (CHD), myocardial infarction (I25.2 according to ICD-10); 38 patients — for long COVID (U09.9 according to ICD-10).

**RESULTS AND DISCUSSION.** When assessing motor activity, it was revealed that in patients suffering from chronic CHD with a history of myocardial infarction, the average number of steps per day was 8877,5, and in the U09.9 group — 9430,3 steps per day. The total density of the motor load corresponded to 35-36%. The ratio of daytime wakefulness to the time of active procedures in the groups corresponded to 27.6% and 20,1%. After the rehabilitation course, there was an improvement in vegetative regulation, according to the endurance ratio, the weakening of the cardiovascular system activity in both groups remained, despite some improvement in the indicators in group 1 from  $18.50 \pm 0.80$  to  $16.50 \pm 0.15$  ( $p < 0.05$ ), the level of hemodynamic load on the cardiovascular system improved only in group 2 from  $95,1 \pm 5.1$  to  $80.1 \pm 2.5$  ( $p < 0.01$ ). The adaptive potential of the circulatory system remained reduced in both groups.

**CONCLUSION.** The developed technology of remote monitoring of the motor regime of patients is intended for rehabilitation and sanatorium-resort organizations to evaluate medical rehabilitation programs according to the intensity of physical therapy, the «training zone of the intensity of motor intensity» according to heart rate and «motor density of rehabilitation measures».

**KEYWORDS:** telemedicine, remote monitoring, medical rehabilitation, physical therapy, motor state, long COVID.

**For citation:** Knyazeva T.A., Styazhkina E.M., Marchenkova L.A. Monitoring and Evaluation of the Patients' Motor Regimen Effectiveness in Rehabilitation and Health Resort Treatment: a Prospective Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):25-31. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-25-31> (In Russ.).

\***For correspondence:** Tatyana A. Knyazeva, E-mail: knyazevata@nmicrk.ru, tatjanaknyazewa@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3384-5205>

**Received:** 14.02.2023

**Revised:** 10.03.2023

**Accepted:** 07.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Дистанционное наблюдение за состоянием здоровья пациентов определено Указом Президента Российской Федерации № 204 от 07.05.2018 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года») как одна из важнейших задач национального проекта «Здравоохранение» [1; 2].

В медицине дистанционный мониторинг (ДМ) является клинко-цифровой технологией с программным обеспечением, датчиками и оборудованием для передачи сигналов от пациентов и анализа врачом [3]. Используемая методика мониторинга соответствует требованиям, сформированным к ДМ пациентов как к технологии [4; 5].

В процессе использования технологий ДМ изменяется взаимодействие врача и пациента: решение о контакте

с пациентом и его срочности принимают медицинские специалисты на основании полученных объективных данных, а не пациент определяет, когда ему обратиться к врачу. Это позволяет профилактировать развитие обострений и/или осложнений заболевания, а также выполнять своевременную коррекцию проводимого лечения.

Телемедицинские технологии, в том числе дистанционный мониторинг, должны применяться при проведении консультаций пациентов по медицинской реабилитации для динамического наблюдения за состоянием пациента, оценки эффективности лечебных мероприятий (Приказ Министерства здравоохранения РФ № 788н от 31.07.2020. «Об утверждении Порядка организации медицинской реабилитации взрослых»). Недостатками существующих технологий ДМ является необходи-

мость высокотехнологичного оборудования (аппаратов с биологической обратной связью, роботизированным, с виртуальной реальностью), регулярная регистрация пациентом своих физиологических параметров в электронных формах [6; 7]. А самое главное, используемые в настоящее время мониторинговые системы не проводят оценку объема двигательной активности пациентов — обязательного компонента программ медицинской реабилитации [8; 9].

## ЦЕЛЬ

Научно обоснованная разработка усовершенствованной информационной методологии дистанционного мониторинга объема и характера двигательной активности пациентов в соответствии с их физиологическими возможностями для реабилитации в санаторно-курортных организациях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование проведено на базе Лечебно-реабилитационного клинического центра «Юдино» — филиала ФГБУ «Научный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России (Учреждение).

Для проведения данного исследования был разработан Программный комплекс дистанционного мониторинга двигательного режима и основных физиологических параметров пациентов в условиях санаторно-курортных учреждений («Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611766 от 01.02.2022»), который связал носимые пациентом устройства (смарт-часы) с функцией регистрации числа сердечных сокращений в 1 минуту и двигательной активности пациентов в течение дня с персональным компьютером врача.

Устройство программного комплекса и механизм сбора данных подробно представлены в публикации авторов [10].

В первый день при поступлении в стационар Учреждения пациенты были осмотрены мультидисциплинарной реабилитационной командой, которая назначала программу реабилитации. Пациент подписывал информированное согласие, ему выдавали смарт-часы Samsung Galaxy Watch Active2. Пациент постоянно в течение всего курса медицинской реабилитации носил смарт-часы, зарядка их проводилась каждые 2 дня в течение двух часов в обеденное время на посту медицинской сестрой [10].

Лечащий врач 2 раза в день отслеживал в программе показатели ЧСС и двигательную активность (по количеству шагов) пациента. Если отмечалось превышение или снижение установленных оптимальных значений ЧСС или количества шагов в минуту, врачом проводилась корректировка интенсивности назначенных процедур.

Программа реабилитации и двигательный режим регламентированы Приказом Министерства здравоохранения РФ № 788н от 31.07.2020, согласно чему они должны включать на 2-м этапе медицинской реабилитации не менее 3 часов ежедневно активное участие пациента в реабилитационных мероприятиях, что легло в основу оценки интенсивности физической нагрузки.

В исследовании приняли участие 80 пациентов круглосуточного отделения медицинской реабилитации па-

циентов с соматическими заболеваниями Учреждения: 42 пациентам (1-я группа) проводилась программа реабилитации по поводу хронической ишемической болезни сердца, перенесенного в прошлом инфаркта миокарда (I25.2 по МКБ-10); 38 пациентам (2-я группа) — по поводу постковидного синдрома (U09.9 по МКБ-10). Программы реабилитации в обеих группах включали групповые занятия лечебной гимнастикой в зале и в бассейне, тренировки на кардиотренажерах, лазеротерапию, магнитотерапию, газозолдушные углекислые ванны. В программу первой группы пациентов дополнительно была включена скандинавская ходьба, второй группы — массаж грудной клетки. Курс медицинской реабилитации проводился в течение 10–12 дней.

Исследование одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России (протокол № 1 от 24.01.2022). Все участники исследования подписывали информированное согласие.

На каждого пациента заполнялась диагностическая программа «Двигательная активность в условиях санаторно-курортного учреждения», которая входила в программное обеспечение и включала антропометрические показатели, опросник для определения уровня физической активности, показатели физического развития, показатели функциональной подготовленности и заключение по результатам обследования с определением принадлежности к группе здоровья и к функциональной группе.

Уровень физической активности пациентов оценивался в баллах по заполняемой ими анкете из 7 вопросов: менее 21 балла — недостаток физической активности (гиподинамия), 21–28 баллов — относительно недостаточная физическая активность, 28 и более баллов — физическая активность оптимальна (адаптированный вариант анкеты The International Physical Activity Questionnaires).

Определялись показатели функциональной подготовленности: ортостатическая проба, коэффициент выносливости сердечно-сосудистой системы Кваса, определяемого по формуле  $KB = 10 \times ЧСС/АДсис$ т — АДдиаст (оценка: менее 16 — усиление деятельности сердечно-сосудистой системы, 16 — норма, более 16 — ослабление деятельности сердечно-сосудистой системы). Проводилась оценка адаптационного потенциала системы кровообращения (АП) по формуле:

$$АП = 0,011 \times (ЧСС) + 0,014 \times (АДс) + 0,008 \times (АДд) + 0,014 \times (В) + 0,009 \times (М) - 0,009 \times (Р) - 0,273,$$

где В — возраст в годах, М — масса тела в кг, Р — рост в см. Оценка потенциала: менее 2,10 — удовлетворительная адаптация; 2,11–3,20 — напряжение механизмов адаптации; 3,21–4,30 — неудовлетворительная адаптация; более 4,30 — срыв адаптации. Уровень гемодинамической нагрузки на сердечно-сосудистую систему оценивали по индексу Робинсона  $ИР = ЧССпокоя \times АДсис/100$  (оценка: менее 69 — отличный уровень функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы, 70–84 — хороший, 85–94 — удовлетворительный, более 95 — неудовлетворительный уровень).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием компьютерной програм-

мы STATISTICA 10.0 с оценкой достоверности различий между двумя средними величинами при помощи критерия Стьюдента.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

При обследовании пациентов до начала реабилитационных мероприятий было выявлено, что по результатам ответов на опросник физической активности в группе пациентов с ИБС у 31 пациента (73,8 %) отмечалась гиподинамия, у 4 (9,5 %) — недостаточная и у 7 (16,7 %) оптимальная двигательная активность; в группе пациентов с постковидным синдромом у 18 (47,4 %) пациентов отмечалась гиподинамия, у 3 (7,9 %) — недостаточная и у 17 (44,7 %) — оптимальная физическая активность.

По данным ортостатической пробы, в обеих группах отмечалась хорошая вегетативная регуляция, по коэффициенту выносливости Кваса — ослабление деятельности сердечно-сосудистой системы: КВ в 1-й группе —  $18,50 \pm 0,80$ , во 2-й группе —  $18,85 \pm 0,65$ . До лечения был выявлен сниженный адаптационный потенциал системы кровообращения: АП  $2,73 \pm 0,03$  и  $2,95 \pm 0,06$  баллов соответственно и удовлетворительный уровень гемодинамической нагрузки на сердечно-сосудистую систему у пациен-

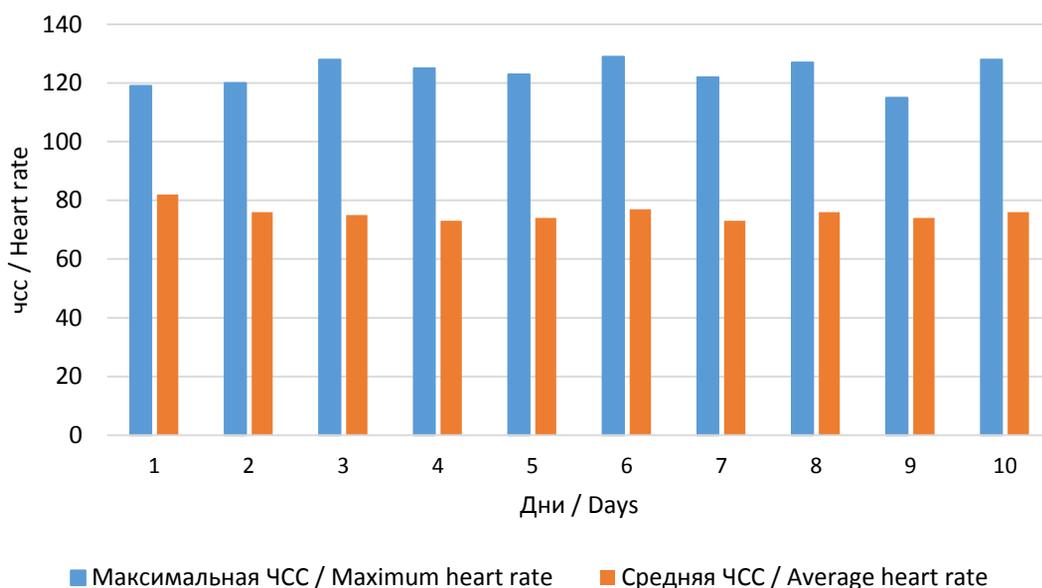
тов 1-й группы ИР  $86,0 \pm 2,6$  и неудовлетворительный — у пациентов 2-й группы ИР  $100,6 \pm 5,3$ .

Отмечено снижение интенсивности физической активности в субботние и воскресные дни у всех пациентов, тенденция к снижению и стабилизации средних значений ЧСС с 3-го дня пребывания в стационаре (рис. 1).

Максимальная ЧСС находилась в диапазоне от 122,3 до 130,6 уд/мин, не превышала 50 % от максимально допустимого пульса, что свидетельствует о возможности развития тренировочного эффекта только у слабо подготовленных занимающихся [11]. В течение дня у 34 пациентов максимальные значения ЧСС наблюдались во время занятий на кардиотренажерах или лечебной гимнастикой в бассейне не более двух раз продолжительностью не более 5 минут каждое и не каждый день.

При оценке двигательной активности выявлено, что в группе пациентов с хронической ишемической болезнью сердца и инфарктом миокарда в анамнезе среднее количество шагов в день составляло 8877,5, что соответствовало прохождению  $6,2 \pm 1,65$  км, в группе пациентов после перенесенного COVID-19—9430,3 шага в день,  $7,28 \pm 2,15$  км соответственно (рис. 2). В обеих группах наблюдалось 3 пика увеличения двигательной нагрузки — на 2–3-й, 6-й и 8-й дни курса медицинской реабилитации.

КНЯЗЕВА Т.А. ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

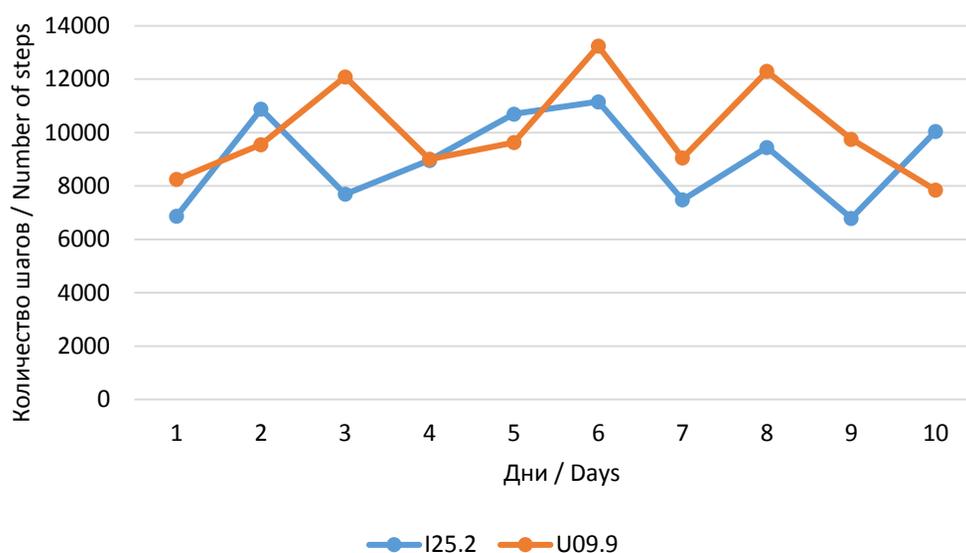


**Рис. 1.** Максимальные и средние значения числа сердечных сокращений в течение курса реабилитации  
**Fig. 1.** Maximum and average heart rate during the rehabilitation course

Период двигательной активности в группе I25.2 составил  $5,15 \pm 0,33$  ч, а в группе U09.9— $5,00 \pm 0,23$  ч. При общем времени бодрствования пациентов по расписанию дня с 7.00 до 22.00, то есть в течение 15 часов, общая плотность двигательной нагрузки в обеих группах соответствовала  $\approx 33$ –34 %. Однако среднее время активных процедур физической реабилитации (лечебная гимнастика в зале и бассейне, занятия на тренажерах) в группе с диагнозом I25.2 составляло  $1,45 \pm 0,17$  ч, а в группе U09.9 только  $1,05 \pm 0,14$  ( $p < 0,01$ ), в связи с чем моторная плотность двигательной нагрузки в группах соответствовала 26,6 % и 18,2 %. Эти данные свидетельствуют о малом объеме активной двигательной

реабилитации пациентов. В программах реабилитации исследуемых групп преобладали пассивные методы над активными, что не позволяло увеличивать физическую работоспособность пациентов, однако после перенесенного инфаркта миокарда и при постковидном синдроме это является важной задачей. Данные программы реабилитации способствовали только снижению влияния гипокинезии. Активные занятия лечебной гимнастикой в зале, бассейне и на кардиотренажерах были недостаточно интенсивны, что и показали данные дистанционного мониторинга.

Как известно, при совершенствовании техники физических упражнений и развитии физических качеств ре-



**Рис. 2.** Среднее количество шагов, пройденных пациентами в день во время курса медицинской реабилитации  
**Fig. 2.** The average number of steps taken by patients per day during the course of medical rehabilitation

комендуемая плотность занятия лечебной физической культурой (ЛФК) может достигать 60–75 % [11], а при освоении новых двигательных действий моторная плотность может составлять 50 %. У пациентов в стационаре моторная плотность не должна превышать 50 % от времени занятия, а в первые дни даже 20–25 %. Для занятий ЛФК оптимальной можно считать плотность не ниже 60 %. В условиях санатория и в группах физической подготовки она может достигать 75 %.

Мы считаем возможным введение понятия контроля моторной плотности реабилитационных мероприятий в практику работы реабилитационных центров.

Как показало наше исследование, моторная плотность реабилитационных мероприятий была недостаточной для формирования тренирующего эффекта, который является важной составляющей медицинской реабилитации для устранения нарушений функционирования и ограничений жизнедеятельности пациентов.

Так, при обследовании после курса реабилитации отмечалось улучшение вегетативной регуляции, по данным ортостатической пробы, с  $7,45 \pm 0,35$  до  $5,27 \pm 1,21$  ( $p < 0,05$ ) в 1-й группе и с  $10,05 \pm 0,28$  до  $7,80 \pm 1,38$  ( $p < 0,01$ ). По коэффициенту выносливости Кваса сохранялось ослабление деятельности сердечно-сосудистой системы в обеих группах, несмотря на некоторое улучшение показателей в 1-й группе с  $18,50 \pm 0,80$  до  $16,25 \pm 0,11$  ( $p < 0,05$ ), во 2-й группе с  $18,05 \pm 0,65$  до  $17,04 \pm 1,45$ . Уровень гемодинамической нагрузки на сердечно-сосудистую систему улучшился во 2-й группе с  $103,6 \pm 3,3$  до  $81,0 \pm 2,5$  ( $p < 0,01$ ), а в 1-й группе остался без динамики. В обеих группах остался без положительной динамики сниженный адаптационный потенциал системы кровообращения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные обследования пациентов после курса реабилитации подтвердили наши предварительные выводы (10) о недостаточной интенсивности двигательной активности при реабилитации пациентов в санаторно-курортных организациях. Полученная в работе положительная динамика, по некоторым показателям, свиде-

тельствует о перспективности коррекции двигательной активности в программах реабилитации и санаторно-курортного лечения.

На основании анализа полученных данных было выявлено, что программно-аппаратный комплекс дистанционного мониторинга обладает широким спектром функций и понятным интерфейсом, он позволяет оценить, соответствует ли двигательная активность пациентов при осуществлении индивидуальной программы реабилитации поставленным целям и задачам медицинской реабилитации.

Однако для применения данной технологии в Российской Федерации желательно использовать аппаратное оборудование и смарт-часы отечественного производства. Требуется доработка программы комплекса в разделе «Распорядок дня» с включением возможности врачу детализировать время назначенных процедур. Также важно оценить изменения антропометрических показателей и результаты опросника для определения динамики уровня физической активности в процессе медицинской реабилитации.

Необходимо перестраивать программы медицинской реабилитации с увеличением интенсивности нагрузки процедур лечебной физкультуры, используя дистанционный мониторинг двигательной активности в условиях реабилитационного центра; тренировки пациентов с применением различных форм ЛФК должны стать основными в формировании программы восстановительных мероприятий.

Целесообразно ввести понятия «тренирующая зона» как рекомендуемая зона интенсивности физической нагрузки, определяемой по ЧСС, и «моторная плотность реабилитационных мероприятий» как отношение времени дневного бодрствования ко времени получаемых активных процедур для оценки и контроля назначаемых программ медицинской реабилитации.

Разработанный программный комплекс дистанционного мониторинга двигательного режима пациентов адаптирован для применения в реабилитационном центре и в санаторно-курортных организациях.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

**Князева Татьяна Александровна**, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: knyazevata@nmicrk.ru, tatjanaknyazewa@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3384-5205>

**Стяжкина Елена Михайловна**, кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: styazhkinaem@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4612-5119>

**Марченкова Лариса Александровна**, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: marchenkovala@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1886-124X>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации).

Наибольший вклад распределен следующим образом: Князева Т.А. — разработка концепции исследования, обоснование научной значимости, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование статьи, утверждение рукописи для публикации; Стяжкина Е.М. — разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, статистическая обработка данных, написание текста статьи; Марченкова Л.А. — получение и анализ фактических данных, поиск/анализ (полнотекстовых) источников, визуализация данных.

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования. **Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Исследование одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России (протокол № 1, 24.01.2022).

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

**ADDITIONAL INFORMATION**

**Tatyana A. Knyazeva**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: knyazevata@nmicrk.ru, tatjanaknyazewa@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3384-5205>

**Elena M. Styazhkina**, Ph.D. (Med.), Leading Research Scientist, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: styazhkinaem@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4612-5119>

**Larisa A. Marchenkova**, Dr.Sci. (Med.), Main Research Scientist, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: marchenkovala@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1886-124X>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special Contributions: T.A. Knyazeva — development of research concept, substantiation of scientific significance, obtaining and

analysis of factual data, writing and editing an article, approval of the manuscript for publication; E.M. Styazhkina — development of article concept, obtaining and analysis of factual data, statistical data processing, writing an article; L.A. Marchenkova — obtaining and analysis of factual data, search/analysis (full text) sources, data visualization.

**Funding.** This study was not supported by any external funding.

**Disclosure.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Ethics Approval.** The authors state that all the procedures used in this paper comply with the ethical standards of the institutions that carried out the study and comply with the Helsinki Declaration as revised in 2013. The study was supported by the Independent Ethics Committee the Local Ethical Committee of the National Medical Research Centre for Rehabilitation and Balneology (Protocol No. 1, 24.01.2022).

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

**Список литературы / References**

1. Григорьева Н.С., Демкина А.Е. Ограничения и возможности для достижения целей Национального проекта «Здравоохранение» в борьбе с сердечно-сосудистыми заболеваниями в условиях современной модели государственного устройства. Государственное управление. Электронный вестник. 2019; (76): 258 с. <https://doi.org/10.24411/2070-1381-2019-10012> [Grigoryeva N.S., Demkina A.E. Limitations and opportunities for achieving the goals of the National Project "Health" in the fight against cardiovascular diseases in the conditions of the modern model of government. Public Administration. *Electronic Bulletin*. 2019; (76): 258 p. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2070-1381-2019-10012>.]
2. Лебедев Г.С., Шепетовская Н.Л., Решетников В.А. Телемедицина и механизмы ее интеграции. Национальное здравоохранение. 2021; 2(2): 21–27. <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2021.2.2.21-27> [Lebedev G.S., Shepetovskaya N.L., Reshetnikov V.A. Telemedicine and mechanisms of its integration. *National Health Care*. 2021; 2(2): 21–27. (In Russ.) <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2021.2.2.21-27>.]
3. Железнякова И.А., Хелисупали Т.А., Омеляновский В.В., Тишкина С.Н. Анализ возможности применения зарубежного опыта оказания телемедицинских услуг в Российской Федерации. Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2020; (2): 26–34. <https://doi.org/10.17116/medtech20204002126> [Zheleznyakova I.A., Khelisupali T.A., Omelyanovskiy V.V., Tishkina S.N. Application of foreign experience of telemedicine services in the Russian Federation. *Medical Technologies. Assessment and Choice*. 2020; (2): 26–34. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/medtech20204002126>.]
4. Ковалев С.П., Яшина Е.Р., Турзин П.С., Лукичев К.С., Евсеев А.С. Актуальные направления развития исследований живых систем в условиях цифровизации страны. Экономика науки. 2021; 7(2): 156–165. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2021-7-2-156-165> [Kovalev S.P., Yashina E.R.,

- Turzin P.S., Lukichev K.S., Evseev A.S. Actual Directions of Development of Research of Living Systems in the Conditions of Digitalization of the Country. *The Economics of Science*. 2021; 7(2): 156–165. (In Russ.) <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2021-7-2-156-165>.]
5. Дьякова В.А., Кононова О.В., Матросова Е.В. Анализ практик и проектирование сервиса дистанционного мониторинга показателей здоровья. Научный сервис в сети Интернет: труды XXII Всероссийской научной конференции 21–25 сентября 2020 года. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2020: 229–240. <https://doi.org/10.20948/abrau-2020-31> [Dyakova V.A., Kononova O.V., Matrosova E.V. Analysis of practices and design of a service for remote monitoring of health indicators]. Scientific service on the Internet: Proceedings of the XXII All-Russian Scientific Conference. September 21–25, 2020. Moscow. IPM im. M.V. Keldysh. 2020: 229–240. (In Russ.) <https://doi.org/10.20948/abrau-2020-31>.]
  6. Лямина Н.П. Пациент-ориентированная модель организации реабилитационной помощи на основе интернет-технологий. Вестник восстановительной медицины. 2017; 1(77): 96–102. [Lyamina N.P. Patient-oriented model of organization of rehabilitation care based on Internet technologies. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2017; 1(77): 96–102 (In Russ.)]
  7. Комков Д.С., Горячкин Е.А., Корсунский Д.В., Шорников Е.С., Драпкина О.М., Бойцов С.А. Клиническая эффективность различных моделей телемедицинских технологий у больных с артериальной гипертензией. Профилактическая медицина. 2020; 23(4): 27–35. <https://doi.org/10.17116/profmed20202304127> [Komkov D.S., Goryachkin E.A., Korsunsky D.V., Shornikov E.S., Drapkina O.M., Boytsov S.A. Clinical effectiveness of various models of telemedicine technologies in patients with arterial hypertension. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2020; 23(4): 27–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/profmed20202304127>.]
  8. Ding H., Jayasena R., Chen S.H., Maiorana A., Dowling A., Layland J., Good N., Karunanithi M., Edwards I. The Effects of Telemonitoring on Patient Compliance with Self-Management Recommendations and Outcomes of the Innovative Telemonitoring Enhanced Care Program for Chronic Heart Failure: Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*. 2020; 22(7): e17559. <https://doi.org/10.2196/17559>.
  9. Ерёмушкин М.А. Двигательная активность и здоровье. От лечебной гимнастики до паркура. М.: Спорт, 2016: 184 с. [Eremushkin M.A. Motor activity and health. From therapeutic gymnastics to parkour. Moscow. Sport. 2016: 184 p. (In Russ.)]
  10. Ерёмушкин М.А., Князева Т.А., Малахова Е.В., Макарова О.Г. Применение технологии дистанционного мониторинга состояния здоровья пациентов в программах медицинской реабилитации. Вестник восстановительной медицины. 2022; 21(6): 59–67. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-6-59-67> [Eremushkin M.A., Knyazeva T.A., Malakhova E.V., Makarova O.G. Application of Remote Patient Monitoring Technology in Medical Rehabilitation Programs. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21 (6): 59–67. (In Russ.) <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-6-59-67>.]
  11. Бубнова М.Г., Шляхто Е.В., Аронов Д.М. и др. Новая коронаровирусная инфекционная болезнь COVID-19: особенности комплексной кардиологической и респираторной реабилитации. Российский кардиологический журнал. 2021; 26(5):183–222 [Bubnova M.G., Shlyakhto E.V., Aronov D.M. et al. Coronavirus Disease 2019: Features of Comprehensive Cardiac and Pulmonary Rehabilitation. *Russian Journal of Cardiology*. 2021; 26(5):183–222 (In Russ.) doi:10.15829/1560-4071-2021-4487.]



Оригинальная статья / Original article

УДК: 612.75, 615.837

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-32-41>

## Психометрическая апробация скрининговых методик диагностики когнитивного статуса постинсультных пациентов: наблюдательное когортное исследование

 Котельникова А.В.<sup>1,\*</sup>,  Погонченкова И.В.<sup>1</sup>,  Костенко Е.В.<sup>1,2</sup>,  Петрова Л.В.<sup>1</sup>,  
 Хаустова А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Когнитивные нарушения (КН) являются одной из ведущих причин инвалидизации и снижения качества жизни пациентов, перенесших инсульт. Важной задачей является валидация шкал для скрининга и диагностики КН.

**ЦЕЛЬ.** Оценить валидность методик скринингового измерения когнитивных функций на выборке пациентов, перенесших ишемический инсульт (ИИ).

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** Обследовано 105 пациентов, перенесших ИИ (давность инсульта  $2,7 \pm 1,9$  мес.). Изучались различные виды валидности, надежность и дифференцирующие возможности тестовых шкал. В качестве внешнего критерия использовалась методика «Краткое нейропсихологическое обследование когнитивной сферы (КНОКС)». Условия применимости тестов исследовались методом сопоставительного анализа данных пациентов группы сравнения ( $n = 100$ ) с заболеваниями опорно-двигательного аппарата.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Тесты MoCA и MMSE обладают высокими показателями содержательной валидности и внутренней согласованности шкал ( $\alpha$ -Кронбаха: 0,95 для MoCA и 0,92 для MMSE). Дискриминативные возможности методик ограничены: наблюдаются расхождения в результатах скрининга по сравнению с данными КНОКС: MoCA имеет тенденцию к гипердиагностике выраженных КН, MMSE показал низкую чувствительность к выраженным КН и тенденцию к завышению количества случаев отсутствия КН. Обоснован пересмотр тестовых норм путем прямой экстраполяции границ количественной интерпретации различных уровней КН, по данным КНОКС, на апробируемые шкалы и показаны высокие конкурентные возможности MoCA при скрининговом исследовании когнитивного статуса.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Были изучены различные виды валидности и надежность шкал, модифицирован способ количественной интерпретации, разработаны новые тестовые нормы для MMSE и MoCA. Высокие прогностические возможности шкалы MoCA для исследования когнитивных функций у пациентов после ИИ позволяют ее рассматривать как диагностический инструмент первого выбора при первичном скрининге КН у данной когорты пациентов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** психометрическая апробация, нейропсихологическое обследование, MMSE, MoCA, ишемический инсульт, когнитивные функции, когнитивные нарушения.

**Для цитирования / For citation:** Котельникова А.В., Погонченкова И.В., Костенко Е.В., Петрова Л.В., Хаустова А.В. Психометрическая апробация скрининговых методик диагностики когнитивного статуса постинсультных пациентов: наблюдательное когортное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):32-41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-32-41>. [Kotelnikova A.V., Pogonchenkova I.V., Kostenko E.V., Petrova L.V., Khaustova A.V. Psychometric Approbation of Screening Methods for the Diagnosis of Cognitive Status in a Sample of Ischemic Stroke Patients: an Observational Cohort Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 32-41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-32-41> (In Russ.).]

\***Для корреспонденции:** Котельникова Анастасия Владимировна, E-mail: [pav-kotelnikov@yandex.ru](mailto:pav-kotelnikov@yandex.ru); [nauka-org@mail.ru](mailto:nauka-org@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9605-557X>

Статья получена: 13.03.2023

Поступила после рецензирования: 07.04.2023

Статья принята к печати: 24.04.2023

# Psychometric Approbation of Screening Methods for the Diagnosis of Cognitive Status in a Sample of Ischemic Stroke Patients: an Observational Cohort Study

 Anastasia V. Kotelnikova<sup>1,\*</sup>,  Irena V. Pogonchenkova<sup>1</sup>,  Elena V. Kostenko<sup>1,2</sup>,  
 Liudmila V. Petrova<sup>1</sup>,  Anna V. Khaustova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Cognitive disorders (CD) are the leading causes of disability and worsening of the quality of life of after-stroke patients. An important task is the validation of the scales for screening and diagnosis of CD.

**AIM.** To estimate the validity of screening methods for measuring cognitive functions (MMSE, MoCA) on a sample of patients with ischemic stroke (IS).

**MATERIAL AND METHODS.** We examined 105 patients with IS (stroke duration  $2.7 \pm 1.9$  months) and studied various types of validity, reliability and differentiating capabilities of test scales. As an external criterion, the data of the methodology «Brief neuropsychological Cognitive examination (BNCE)» were used. The conditions of applicability of the tests were investigated by comparative analysis of data with patients of the comparison group ( $n = 100$ ) with diseases of the musculoskeletal system.

**RESULTS.** The MoCA and MMSE tests had high indicators of substantive validity and internal consistency of the scales ( $\alpha$ -Kronbach: 0.95 for MoCA and 0.92 for MMSE). The discriminative capabilities of the techniques are limited: there are discrepancies in the screening results compared to the BNCE data: MoCA tends to overdiagnose pronounced cognitive impairment (CI), MMSE showed low sensitivity to pronounced CI and a tendency to overestimate the number of cases of absence of CI. The revision of the test standards was justified by direct extrapolation of the boundaries of the quantitative interpretation of various levels of CI according to the BNCE to the tested scales and showed high competitive capabilities of the MoCA in the screening study of cognitive status.

**CONCLUSION.** Various types of validity and reliability of scales were studied, the method of quantitative interpretation was modified, and new test standards for MMSE and MoCA were developed. The high prognostic capabilities of the MoCA for studying of cognitive functions in patients after IS allow us to consider it as a diagnostic tool of the first choice for primary screening of CI in this cohort of patients.

**KEYWORDS:** psychometrics, neuropsychological examination, MMSE, MoCA, ischemic stroke, cognitive functions, cognitive impairment.

**For citation:** Kotelnikova A.V., Pogonchenkova I.V., Kostenko E.V., Petrova L.V., Khaustova A.V. Psychometric Approbation of Screening Methods for the Diagnosis of Cognitive Status in a Sample of Ischemic Stroke Patients: an Observational Cohort Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):32-41.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-32-41> (In Russ.).

\***For correspondence:** Anastasia V. Kotelnikova, E-mail: pav-kotelnikov@yandex.ru; nauka-org@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9605-557X>

**Received:** 13.03.2023

**Revised:** 07.04.2023

**Accepted:** 24.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время церебральный инсульт (ЦИ) объявлен глобальной эпидемией, уносящей ежегодно около 5,5 млн жизней [1–3]. Риск развития ЦИ подвержены лица как старшей возрастной группы, так и трудоспособного возраста [4]. Следует отметить, что, согласно статистике по сердечно-сосудистым и цереброваскулярным заболеваниям, каждый четвертый случай ЦИ является повторным [5]. Медико-социальная значимость проблемы ЦИ также обусловлена длительностью периода временной нетрудоспособности, более чем в половине случаев завершающегося инвалидностью [6].

Одной из ведущих причин инвалидизации являются постинсультные когнитивные нарушения (ПИКН), встречающиеся более чем в 50 % случаев [7]. Есть данные, что до 83 % выживших после ЦИ имеют нарушения по крайней мере в одной когнитивной области, тогда как 50 % — в нескольких, а через 3 месяца после инсульта в 71 % случаев у пациентов сохраняются нарушения памяти, зрительно-конструктивных или исполнительных функций [8]. К наиболее распространенным ПИКН относятся расстройства внимания и исполнительных функций, при этом встречаемость речевых нарушений составляет, по разным данным, от 30 до 40 % [9, 10]. Распространен-

ность постинсультной деменции составляет от 4 до 31 % в зависимости от возраста пациента и тяжести инсульта [11].

Актуальность раннего выявления недементных ПИКН взаимосвязана с ранним началом лечения, индивидуализированным подбором реабилитационного маршрута с опорой на принципы предикции, превентивности, персонализации и партисипативности как ключевыми аспектами стабилизации и вероятного улучшения когнитивного функционирования [12].

В настоящее время остается актуальным вопрос выбора методов выявления и оценки тяжести ПИКН в реальной клинической практике, который взаимосвязан с методическими аспектами.

Наиболее точным в плане топоники постинсультного дефекта, определения центрального механизма, вида и уровня ПИКН, выбора мишени, стратегии и направления коррекции является развернутое нейропсихологическое обследование, которое занимает продолжительное время [13]. К скрининговым инструментам диагностики, позволяющим провести комплексную оценку дефицита когнитивных функций (КФ), относятся: Mini-Cog, MMSE, MoCA-test, батарея тестов Халстед — Рейтана (Halstead — Reitan Battery, HRB) и батарея тестов для оценки лобной дисфункции (Frontal Assessment Battery, FAB) [14]. Все эти методики используются в общемировой клинической практике; при обращении к отечественным данным видно, что при анализе частоты упоминания вышеперечисленных инструментов оценки состояния КФ Российский индекс научного цитирования фиксирует многократное превышение случаев выбора методики MMSE (4783 случая по сравнению с 1055 для MoCA, 710 — для Mini-Cog, 336 — для HRB, 59 — для FAB) [14–15]. Таким образом, наиболее используемыми методиками оценки ПИКН являются MMSE и MoCA, которые рекомендованы Союзом реабилитологов России [15].

Оба теста имеют схожую структуру и 30-балльную систему оценки. Однако имеются данные, подтверждающие различия результатов. Так, было обнаружено, что пациенты с высокими показателями по шкале MMSE получали более низкие баллы по MoCA [16]. В другом исследовании анализ чувствительности обеих шкал показал, что MoCA обладает большей чувствительностью при диагностике легких КН [17]. Тест MMSE был разработан для пациентов с деменцией [18] и показал свою несостоятельность при исследовании когнитивной сферы у пациентов, перенесших ЦИ [19]. Тест MoCA оказался более пригодным для диагностики КН в условиях острого инсульта, однако он имеет низкую специфичность по сравнению с комплексными батареями нейропсихологических тестов [20–23].

К настоящему моменту MoCA и MMSE переведены на множество языков, существуют данные об их валидации в различных странах и культурах. В отечественной клинической практике указанные методики используются в идентичных текстовых переводах. При изучении когнитивного статуса пациентов после ЦИ довольно часто используются обе методики [24–25]. Однако при анализе доступных отечественных литературных источников данных о психометрической проверке адаптированных вариантов MoCA и MMSE к настоящему моменту не обнаруживается, что свидетельствует об отсутствии понимания

конвергентной валидности методик, их различительной способности, чувствительности и специфичности для различных контингентов больных. Важным моментом является также отсутствие психометрически обоснованных популяционных норм.

## ЦЕЛЬ

Проведение психометрической апробации, стандартизации и построения тестовых норм рутинных методик скринингового измерения когнитивных функций на выборке пациентов, перенесших ишемический инсульт.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Выборка

В исследовании приняли участие 105 пациентов, находившихся на стационарном этапе медицинской реабилитации в филиале № 3 ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ по поводу перенесенного ИИ. Средний возраст обследованных составил  $64,6 \pm 10,1$  года, среди них 58,1 % ( $n = 61$ ) женщин и 41,9 % ( $n = 44$ ) мужчин. Средняя давность ИИ —  $2,7 \pm 1,9$  мес. Для исследования условий применимости теста в качестве группы сравнения (ГС) использовались данные психодиагностического обследования 100 пациентов с хроническими заболеваниями опорно-двигательного аппарата (ОДА). Средний возраст —  $60,0 \pm 12,5$  года, среди них 70,0 % ( $n = 70$ ) женщин и 30,0 % ( $n = 30$ ) мужчин.

Сопоставимость групп по основным релевантным параметрам (пол, возраст, степень нарушения структур, функций, активности и участия по МКФ) достигалась посредством использования статистических критериев равнозначности с рандомизацией общего пула обследуемых пациентов генератором случайных чисел.

### Процедура и методики исследования

Исследование являлось наблюдательным аналитическим когортным трехэтапным. Для нейропсихологической диагностики когнитивного статуса использовались следующие методики:

- «Краткое нейропсихологическое обследование когнитивной сферы (КНОКС)» — русскоязычная версия экспресс-методики Brief Neuropsychological Cognitive Examination (BNCE), адаптированная и валидизированная И.М. Тонконогим [26]. Предназначена для оценки основных КФ: память, гнозис, праксис, речь, ориентация, внимание, регуляторные функции. Вывод о состоянии КФ основан на значениях суммарного балла: 28–30 баллов — нет нарушений; 22–27 — легкая степень; 10–21 — средняя степень; 0–9 — тяжелая степень;
- «Краткая шкала оценки психического статуса (Mini-Mental State Examination, MMSE)» — 30-пунктовый опросник, направленный на исследование способности к ориентации в месте, во времени, в собственной личности; краткосрочного запоминания, внимания и счета, экспрессивной и импрессивной речи, конструктивного праксиса [19]. Анализ результатов проводится по сумме набранных баллов: 28–30 — нет КН; 24–27 — легкие когнитивные расстройства; 20–23 — деменция легкой степени выраженности (умеренное когнитивное расстройство); 11–19 — деменция умеренной степени выраженности (выраженные когнитивные расстройства); 0–10 — тяжелая деменция (значительно выраженные когнитивные расстройства);

• «Монреальская шкала оценки когнитивных функций» (The Montreal Cognitive Assessment, MoCA-test) — тест из 30 пунктов, оценивающий кратковременную память и воспоминание, пространственно-зрительные способности, множественные аспекты исполнительных функций, внимание и рабочую память, речь, ориентацию во времени и пространстве [18]. Результаты варьируют в промежутке от 0 до 30 баллов: нормальными считаются показатели 27–30 включительно, 24–26 — умеренные КН, 23 и менее — тяжелые КН.

Для оценки содержательной валидности апробируемых методик были привлечены эксперты: научные сотрудники ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ, доктора и кандидаты медицинских наук, практикующие реабилитологи. Им было предложено, с опорой на свой клинический опыт и профессиональные знания, оценить степень соответствия тестовых заданий тем КФ, для измерения которых они предназначены, пользуясь пятизначной шкалой Лайкерта («Шкала школьных оценок»). По результатам опроса был составлен усредненный рейтинг пунктов, учитывающийся при дальнейшем анализе психометрических показателей.

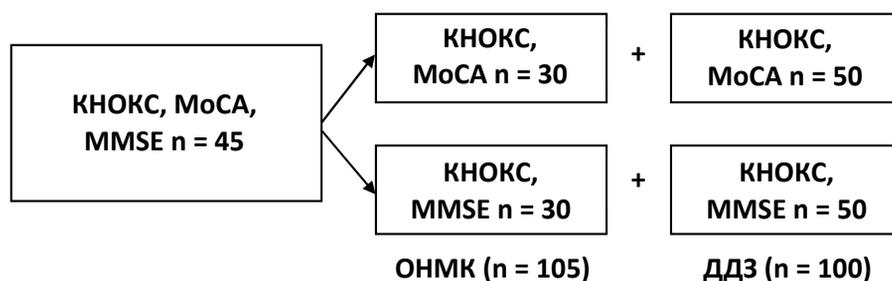
Для исследования конкурентной валидности апробируемых методик в состав психодиагностического пакета

был включен полный комплект методического инструментария (КНОКС, MMSE, MoCA). В связи с тем, что такая процедура является трудновыполнимой для обследуемой когорты пациентов, объем данной части выборки был ограничен достаточным для статистического анализа количеством наблюдений — 45 человек. Процедура обследования была разделена на части и реализована за два визита.

Для исследования конструктивной валидности апробируемых методик объем выборки был расширен путем нейропсихологического обследования двух групп пациентов, перенесших ИИ, общей численностью 60 человек. Диагностический комплект для одной из них содержал методики КНОКС и MMSE, для другой — КНОКС и MoCA.

Таким образом, прочие психометрические характеристики апробируемых методик (дискриминативность, надежность, специфичность и чувствительность) изучались на совокупной выборке пациентов, перенесших ИИ, общей численностью 105 человек.

Для исследования условий применимости теста в качестве ГС были обследованы 100 пациентов с хроническими заболеваниями ОДА. Графическая иллюстрация дизайна исследования представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Дизайн исследования  
**Fig. 1.** Study design

**Примечание:** КНОКС — краткое нейропсихологическое обследование когнитивной сферы; MoCA — Монреальская шкала оценки когнитивных функций (The Montreal Cognitive Assessment); MMSE — краткая шкала оценки психического статуса (Mini-Mental State Examination).

**Note:** КНОКС — Brief neuropsychological cognitive examination; MoCA — The Montreal Cognitive Assessment; MMSE — Mini-Mental State Examination.

## АНАЛИЗ ДАННЫХ

Статистический анализ производился с использованием программных пакетов «Статистика 12.0», а также аналитических возможностей программы Excel. Были использованы следующие виды анализов: проверка соответствия распределения эмпирических данных нормальному распределению по критерию Колмогорова — Смирнова; анализ частоты встречаемости номинативного признака; корреляционный анализ по Спирмену; анализ значимости различий в уровне выраженности количественного признака в несвязанных группах по критерию Манна — Уитни; анализ значимости различий в пропорциональной представленности бинарного признака в несвязанных группах по критерию Фишера; вычисление коэффициента дискриминативности  $\delta$  Фергюсона; вычисление коэффициента синхронной надежности  $\alpha$ -Кронбаха. Выявленные связи и различия считались достоверными при достижении уровня статистической значимости  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Проверка соответствия эмпирического распределения полученных данных нормальному распределению с помощью статистического критерия Колмогорова — Смирнова выявила достоверные отличия ( $p \leq 0,05$ ), в связи с чем при проведении статистических анализов предпочтение отдавалось непараметрическим методам.

Анализ содержательной валидности тестовых заданий MMSE и MoCA показал, что, по мнению экспертов, формулировка тестовых заданий вполне корректно отражает измеряемые конструкты: среднее значение балла экспертной оценки для пунктов MMSE составило  $4,7 \pm 0,3$  балла по пятибалльной шкале, для MoCA —  $4,7 \pm 0,2$  балла.

Исключением явилось незначительное снижение среднерангового показателя применительно к последнему заданию MMSE, в котором пациента просят скопировать два перекрещивающихся пятиугольника (4,2 балла) с образца, заявленного в группе заданий, исследующих

**Таблица 1.** Дискриминативная способность тестовых заданий ( $\delta$  Фергюсона)  
**Table 1.** Discriminative ability of test tasks (Ferguson's  $\delta$ )

	MMSE		MoCA
<b>Ориентация / Orientation</b>	0,61	Зрительно-конструктивные исполнительные навыки / Visual-constructive executive skills	0,98
<b>Немедленная память / Immediate memory</b>	0,31	Называние / Calling	0,53
<b>Внимание и счет / Attention and account</b>	0,89	Внимание / Attention	0,89
<b>Воспроизведение слов / Word reproduction</b>	0,84	Речь / Speech	0,95
<b>Речь / Speech</b>	0,90	Абстракция / Abstraction	0,97
<b>Конструктивный праксис / Constructive praxis</b>	0,84	Отсроченное воспроизведение (память) / Delayed playback (memory)	0,99
		Ориентация / Orientation	0,44

речь: эксперты полагают, что в данном случае проверяется не только понимание обращенной речи, но и оцениваются зрительно-конструктивные исполнительные навыки.

Расчет коэффициента синхронной надежности (внутренней согласованности) исследуемых шкал показал высокие значения  $\alpha$ -Кронбаха как для MMSE ( $\alpha = 0,91$ ), так и для MoCA ( $\alpha = 0,95$ ) [27].

Расчет дискриминативной способности тестовых заданий исследуемых методик производился по формуле:  $\delta = ((n+1)(N^2 - \sum f^2)) / n \cdot N^2$ , где  $f$  — частота каждого тестового балла;  $N$  — количество испытуемых;  $n$  — количество заданий в тесте. Значение  $\delta$  для тестовых зада-

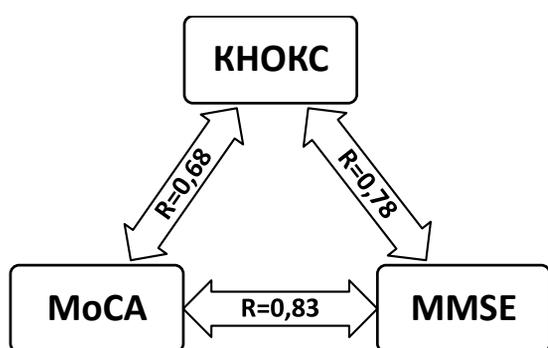
ний MMSE располагалось в промежутке от 0,31 до 0,90; для MoCA — в промежутке от 0,44 до 0,99. Как видно из табл. 1, различительная способность большинства тестовых заданий исследуемых методик может быть оценена как высокая (0,70 и выше). В методике MMSE исключение составили задания оценки немедленной памяти ( $\delta = 0,31$ ) и ориентации ( $\delta = 0,61$ ); в методике MoCA — задания оценки способности к называнию ( $\delta = 0,53$ ) и ориентации ( $\delta = 0,44$ ).

Конвергентная валидность MMSE и MoCA исследовалась с помощью корреляционного анализа взаимосвязей результатов их применения с показателями теста КНОКС. Использовался коэффициент корреляции Спирмена, значения которого достоверны на уровне  $p = 0,01$ . Результаты представлены в виде корреляционной плеяды, изображенной на рис. 2, где видно, что между итоговыми показателями методик, предназначенных для диагностики когнитивного статуса пациентов, перенесших инсульт, выявлены статистически значимые положительные корреляции.

Обращает на себя внимание тот факт, что данные, полученные по MMSE, демонстрируют сильную связь ( $r = 0,78$ ) с результатами применения методики с известными психометрическими характеристиками (КНОКС), а данные, полученные по MoCA, — умеренную ( $r = 0,68$ ). При этом сами исследуемые методики (MMSE и MoCA) между собой тесно связаны ( $r = 0,83$ ).

Конкурентная валидность апробируемых методик изучалась путем сопоставительного анализа процентной представленности пациентов с различным уровнем выраженности КН, выявленных по результатам применения КНОКС, MMSE, MoCA (табл. 2). Анализ полученных данных позволяет зафиксировать существенные различия в результатах диагностики когнитивного статуса пациентов, перенесших инсульт, с помощью различных тестов и задаться вопросом о весьма сомнительных показателях специфичности и чувствительности апробируемых методик. Очевидно, что тест MoCA имеет явную тенденцию к гипердиагностике тяжелых КН (70,6 % по сравнению с 10,5 % по КНОКС), а тест MMSE фиксирует значительное количе-

КОТЕЛЬНИКОВА А.В. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



**Рис. 2.** Соответствие итоговых показателей методик исследования когнитивного статуса

**Fig. 2.** Compliance of the final indicators of cognitive status research methods

**Примечание:** КНОКС — краткое нейропсихологическое обследование когнитивной сферы; MoCA — Монреальская шкала оценки когнитивных функций (The Montreal Cognitive Assessment); MMSE — краткая шкала оценки психического статуса (Mini-Mental State Examination).

**Note:** КНОКС — Brief neuropsychological Cognitive examination; MoCA — The Montreal Cognitive Assessment; MMSE — Mini-Mental State Examination.

**Таблица 2.** Частота встречаемости различных уровней когнитивных нарушений у пациентов с ишемическим инсультом, по данным различных методик (n = 105)

**Table 2.** Frequency of occurrence of different levels of cognitive impairment in patients with ischemic stroke according to various methods (n = 105)

КНОКС / BNCE	MoCA	MMSE
Нет нарушений / No disturbances 11,4 %	Нет нарушений / No disturbances 14,7 %	Нет нарушений / No disturbances 31,4 %
Легкие КН / Mild CI 41,9 %	Умеренные КН / Moderate CI 14,7 %	Легкие КН / Mild CI 34,3 %
Средние КН / Moderate CI 36,2 %		Умеренные КН (легкая деменция) / Moderate CI (mild dementia) 17,1 %
Тяжелые КН / Severe CI 10,5 %	Тяжелые КН / Severe CI 70,6 %	Выраженные КН (умеренная деменция) / Severe CI (moderate dementia) 14,3 %
		Значительно выраженные КН (тяжелая деменция) / Marked CI (severe dementia) 2,9 %

**Примечание:** КНОКС — краткое нейропсихологическое обследование когнитивной сферы; MoCA — Монреальская шкала оценки когнитивных функций (The Montreal Cognitive Assessment); MMSE — краткая шкала оценки психического статуса (Mini-Mental State Examination); КН — когнитивные нарушения.

**Note:** BNCE — Brief neuropsychological Cognitive examination; MoCA — The Montreal Cognitive Assessment; MMSE — Mini-Mental State Examination; CI — cognitive impairment.

ство ложноотрицательных результатов (31,4 % случаев отсутствия КН по сравнению с 11,4 % случаев по КНОКС).

Создавшаяся ситуация находится, прежде всего, в методической плоскости, а именно — в необходимости пересмотра количественных границ интерпретаци-

онных норм. Принимая во внимание показанную ранее тесную положительную корреляционную связь эмпирических результатов применения исследуемых методик с итоговым показателем КНОКС ( $r = 0,68$  — для MoCA,  $r = 0,78$  — для MMSE) и одинаковую размерность всех трех шкал (от 0 до 30 баллов), для устранения обозна-

**Таблица 3.** Частота встречаемости различных уровней когнитивных нарушений у пациентов с ишемическим инсультом, по данным различных методик (n = 105)

**Table 3.** Frequency of occurrence of various levels of cognitive impairment in patients with ischemic stroke according to various methods (n = 105)

Степень когнитивных нарушений / Degree of cognitive impairment	КНОКС / BNCE	MoCA	$p_1$	MMSE	$p_2$
Нет нарушений (28–30 баллов) / No violations (28–30 points)	11,4 %	12,0 %	> 0,05	31,4 %	$\leq 0,05$
Легкая степень (22–27 баллов) / Light degree (22–27 points)	41,9 %	33,3 %	> 0,05	42,9 %	> 0,05
Средняя степень (10–21 балл) / Average degree (10–21 points)	36,2 %	47,0 %	> 0,05	22,8 %	> 0,05
Тяжелая степень (0–9 баллов) / Severe degree (0–9 points)	10,5 %	7,7 %	> 0,05	2,9 %	$\leq 0,05$

**Примечание:**  $p_1$  — уровень статистической достоверности критерия Фишера, полученный при попарном сопоставлении частоты встречаемости различных степеней выраженности когнитивных нарушений, по данным MoCA и КНОКС;  $p_2$  — при сопоставлении MMSE и КНОКС; КНОКС — краткое нейропсихологическое обследование когнитивной сферы; MoCA — Монреальская шкала оценки когнитивных функций (The Montreal Cognitive Assessment); MMSE — краткая шкала оценки психического статуса (Mini-Mental State Examination).

**Note:**  $p_1$  — level of statistical reliability of the Fisher criterion obtained by pairwise comparison of the frequency of occurrence of various degrees of severity of cognitive impairment according to the MoCA and BNCE data;  $p_2$  — MMSE vs. BNCE; BNCE — Brief neuropsychological Cognitive examination; MoCA — The Montreal Cognitive Assessment; MMSE — Mini-Mental State Examination.

ченной выше проблемы в процессе психометрической апробации была произведена прямая экстраполяция нормативов КНОКС на MMSE и MoCA: 28–30 баллов — нет нарушений; 22–27 баллов — легкая степень; 10–21 балл — средняя степень; 0–9 баллов — тяжелая степень. Полученные с учетом пересмотра данные диагностики КН у пациентов после инсульта представлены в табл. 3, где показано, что при пересмотре нормативов количественной интерпретации данные диагностики КН с помощью MoCA полностью соответствуют данным КНОКС: уровень статистической достоверности критерия Фишера не фиксирует достоверных различий ( $p > 0,05$ ) при попарном сопоставлении частот встречаемости различной выраженности КН, по данным MoCA и КНОКС. Методика MMSE сохраняет тенденцию нечувствительности к крайним проявлениям выраженности КН: в недостаточной степени диагностирует тяжелую степень (2,9 % по сравнению с 10,5 %) и преувеличивает число пациентов с отсутствием КН (31,4 % по сравнению с 11,4 %).

Исследование условий применимости тестов путем сопоставления с группой сравнения показало следующее: когнитивный статус пациентов с двигательными нарушениями, развившимися на фоне хронических заболеваний ОДА, определяется как более сохраненный, чем у пациентов, перенесших ИИ, по данным всех использованных методик ( $U = 2180,0$ ,  $p = 0,0000$  — для теста КНОКС;  $U = 1170,0$ ,  $p = 0,0004$  — для MMSE;  $U = 1018,0$ ,  $p = 0,00003$  — для теста MoCA), при этом частота встречаемости уровней КН различается в зависимости от примененной методики. Как и в случае с исследованием когнитивного статуса у пациентов с ИИ, тест MoCA имеет явную тенденцию к гипердиагностике тяжелых КН (28,0 % по сравнению с 1,0 % по КНОКС), а тест MMSE диагностирует большее количество ложноотрицатель-

ных результатов (60,0 % случаев отсутствия КН по сравнению с 44,0 % случаев по КНОКС). Описанный результат представлен в табл. 4.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Психометрическая адаптация скрининговых методик диагностики когнитивного статуса на выборке пациентов, перенесших ИИ, показала, что MoCA и MMSE обладают высокими показателями содержательной валидности и внутренней согласованности шкал относительно измеряемого конструкта.

Однако дискриминативные возможности методик ограничены, прежде всего, в силу недостаточной различительной способности ряда тестовых пунктов. Так, невысокая дискриминативность заданий на ориентацию, вероятнее всего, обусловлена определенными трансформациями когнитивных механизмов социальной адаптации, по сравнению со временем конструирования исследуемых тестов. Современному человеку, например, вне зависимости от того, здоров он или болен, нет необходимости постоянно удерживать в памяти точную информацию о текущей дате — для ее уточнения достаточно использовать мобильный телефон, а ответ на вопрос относительно дня недели во время нахождения в стационаре, где процедуры проводятся без перерыва на выходные, одинаково затруднителен для всех. Остальные вопросы, касающиеся ориентировки, вызывают затруднение только в случае тяжелых КН: 88,0 % пациентов, по данным MMSE, и 90,7 %, по данным MoCA, уверенно справляются с этим тестовым заданием. Таким образом, задания на ориентацию способны дифференцировать только тяжелые КН и оказываются нечувствительными к разграничению легких и умеренных КН.

Тестовое задание на оценку немедленной памяти (MMSE), обладающее низкой различительной способностью, также слабо чувствительно к дифференци-

**Таблица 4.** Частота встречаемости различных уровней когнитивных нарушений у пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, по данным различных методик ( $n = 100$ )

**Table 4.** Frequency of occurrence of various levels of cognitive impairment in patients with diseases of the musculoskeletal system according to various methods ( $n = 100$ )

КНОКС / BNCE	MoCA	MMSE
Нет нарушений / No disturbances 44,0 %	Нет нарушений / No disturbances 26,0 %	Нет нарушений / No disturbances 60,0 %
Легкие КН / Mild CI 46,0 %	Умеренные КН / Moderate CI 46,0 %	Легкие КН / Mild CI 30,0 %
Средние КН / Moderate CI 9,0 %		Умеренные КН (легкая деменция) / Moderate CI (mild dementia) 10,0 %
Тяжелые КН / Severe CI 1,0 %	Тяжелые КН / Severe CI 28,0 %	Выраженные КН (умеренная деменция) / Severe CI (moderate dementia) 2,0 %
		Значительно выраженные КН (тяжелая деменция) / Marked CI (severe dementia) 0,0 %

**Примечание:** КНОКС — краткое нейропсихологическое обследование когнитивной сферы; MoCA — Монреальская шкала оценки когнитивных функций (The Montreal Cognitive Assessment); MMSE — мини-экспертиза психического состояния (Mini-Mental State Examination); КН — когнитивные нарушения.

**Note:** BNCE — Brief neuropsychological Cognitive examination; MoCA — The Montreal Cognitive Assessment; MMSE — Mini-Mental State Examination; CI — cognitive impairment.

ции легких и умеренных КН: в 80,0 % случаев пациенты успешно его выполняют, что свидетельствует о том, что это задание является для них легким. Повысить дискриминативность можно было бы, увеличив количество слов-стимулов, предлагаемых для повторения, например с трех до четырех.

Задание на называние (MoCA) продемонстрировало умеренное значение дискриминативности: 76,0 % пациентов уверенно называют всех трех животных, 20,0 % — двух или одного, только 4,0 % — ни одного, что может свидетельствовать о наличии амнестических трудностей с называнием малочастотных номинаций («лев», «носорог», «верблюд»), либо о нарушениях зрительно-предметного гнозиса у каждого четвертого пациента (24,0 %), что соответствует данным о распространенности постинсультных афатических расстройств [28].

С точки зрения прогностической ценности диагностики когнитивного статуса апробируемыми тестами обращает на себя внимание серьезное расхождение в результатах скрининга MoCA и MMSE, по сравнению с данными, полученными с помощью методики с известными психометрическими характеристиками (КНОКС), а именно: при имеющемся подходе к количественной трактовке интерпретационных норм при исследовании когнитивного статуса различных когорт пациентов MoCA имеет тенденцию к гипердиагностике тяжелых КН, а MMSE оказывается нечувствительным к тяжелым КН и завышает количество случаев отсутствия КН. Учитывая удовлетворительные результаты в отношении конвергентной валидности исследуемых методик по отношению к внешнему критерию, шкале КНОКС, предпринятая попытка пересмотра тестовых нормативов путем пря-

мой экстраполяции данных по КНОКС на апробируемые шкалы позволила обозначить высокие конкурентные возможности теста MoCA.

Ограничением данного исследования явилось проведение психометрической апробации вышеупомянутых шкал на когорте пациентов с сосудистыми заболеваниями головного мозга, а именно — перенесших ишемический инсульт. С клинических и научных позиций целесообразно дальнейшее изучение валидности скрининговых методик диагностики когнитивных функций у пациентов с другими заболеваниями центральной нервной системы (демиелинизирующими, нейродегенеративными заболеваниями; посттравматической болезнью головного мозга и пр.).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование представляет собой психометрическую апробацию широко применяемых, но не валидированных на отечественной популяции тестовых методик скрининговой диагностики когнитивного статуса — MMSE и MoCA. В процессе работы были изучены различные виды валидности и надежность шкал, модифицирован способ количественной интерпретации, разработаны новые тестовые нормы. Показано, что прогностические возможности методики MoCA при исследовании состояния КФ у пациентов после инсульта достаточно высоки — для данной когорты этот тест является методикой первого выбора при первичном скрининге КН. Перспективой дальнейших исследований является совершенствование скрининговых шкал и адаптация методики для различных категорий пациентов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Котельникова Анастасия Владимировна**, кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ».

E-mail: pav-kotelnikov@yandex.ru, nauka-org@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9605-557X>

**Погонченкова Ирэна Владимировна**, доктор медицинских наук, доцент, директор, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ».

E-mail: pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>

**Костенко Елена Владимировна**, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ», врач-невролог, профессор кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

E-mail: ekostenko58@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0902-348X>

**Петрова Людмила Владимировна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, врач-невролог, заведующая отделением медицинской реабилитации, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ».

E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

**Хаустова Анна Викторовна**, медицинский психолог, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ».

E-mail: anchentodd@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9559-235X>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Котельникова А.В. — разработка концепции и дизайна исследования, отбор и клиническое обследование пациентов, статистическая обработка, написание текста; Погонченкова И.В. — разработка концепции и дизайна исследования, научная редакция текста рукописи; Костенко Е.В. — разработка концепции и дизайна исследования, научная редакция текста рукописи; Петрова Л.В. — написание текста, статистическая обработка данных; Хаустова А.В. — обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка данных.

**Источники финансирования.** Грант Правительства г. Москвы № 1503-7/2 (Россия).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ ДЗМ (протокол № 2 от 19.04.2023).

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

Данные не являются общедоступными, поскольку содержат информацию, ставящую под угрозу конфиденциальность участников исследования.

#### ADDITIONAL INFORMATION

**Anastasia V. Kotelnikova**, Ph.D. (Psychol.), Senior Researcher, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Neurologist, Head of Department of medical rehabilitation.

E-mail: pav-kotelnikov@yandex.ru; nauka-org@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9605-557X>

**Irena V. Pogonchenkova**, Dr.Sci. (Med.), Director, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

E-mail: pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>

**Elena V. Kostenko**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Chief Scientific Officer Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Neurologist, Professor of the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Pirogov Russian National Research Medical University.

E-mail: ekostenko58@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0902-348X>

**Liudmila V. Petrova**, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Neurologist, Head of Department of Medical Rehabilitation, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

**Anna V. Khaustova**, Medical Psychologist, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

E-mail: anchentodd@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9559-235X>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special Contributions: Kotelnikova A.V. — development of the concept and design of the study, selection and clinical examination of patients, statistical processing, text writing; Pogonchenkova I.V. — development of the concept and design of the study, scientific revision of the text of the article; Kostenko E.V. — development of the concept and design of the study, scientific revision of the text of the article; Petrova L.V. — text writing, statistical data processing; Haustova A.V. — review of publications on the topic of the article, statistical data processing.

**Funding.** The study was supported by the Grant of the Government of Moscow No. 1503-7/2 (Russia).

**Disclosure.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Ethics Approval.** The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the 2013 Declaration of Helsinki. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department (Protocol No. 2, 19.04.2023).

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to restrictions containing information that could compromise the privacy of research participants.

### Список литературы / References

- Filipska K., Wiśniewski A., Biercewicz M. et al. Are de pression and dementia a common problem for stroke older adults? A review of chosen epidemiological studies. *Psychiatric Quarterly*. 2020; 91(3): 807–817. <https://doi.org/10.1007/s1126-020-09734-5>.
- Шутеева Е.Ю. Анализ клинико-эпидемиологических показателей ишемического инсульта. Региональный вестник. 2020; (2): 16–17. [Shuteeva E.Yu. Analiz kliniko-epidemiologicheskikh pokazatelej ishemicheskogo insul'ta. *Regional Bulletin*. 2020; (2): 16–17. (In Russ.)]
- Saini V., Guada L., Yavagal D.R. Global Epidemiology of Stroke and Access to Acute Ischemic Stroke Interventions. *Neurology*. 2021; (97): 6–16. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000012781>.
- Jackson G., Chari K. National Hospital Care Survey Demonstration Projects: Stroke Inpatient Hospitalizations. *National Health Statistic Reports*. 2019; (132): 1–11.
- Шандалин В.А., Фонакин А.В., Гераскина Л.А., Самохвалова Е.В. Прогностические факторы развития повторных острых нарушений мозгового кровообращения у больных с ишемическим инсультом. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2015; 115(12–2): 37–42. <https://doi.org/10.17116/jnevro201511512237-42> [Shandalin V.A., Fonyakin A.V., Geraskina L.A., Samohvalova E.V. Prognosticheskie faktory razvitiya povtornyh ostryh narushenij mozgovogo krovoobrashcheniya u bol'nyh s ishemicheskim insul'tom. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2015; 115(12 2): 37–42. <https://doi.org/10.17116/jnevro201511512237-42> (In Russ.)]
- Tsao C.W., Aday A.W., Almarzoq Z.I., Alonso A., Beaton A.Z. et al. Heart Disease and Stroke Statistics — 2022 Update: A Report from the American Heart Association. *Circulation*. 2022; 145(8): 153–639. <https://doi.org/10.1161/CIR.000000000001052>.
- Sexton E., McLoughlin A., Williams D.J., Merriman N.A., Donnelly N., Rohde D., et al. Systematic review and meta-analysis of the prevalence of cognitive impairment no dementia in the first year post-stroke. *European Stroke Journal*. 2019; 4(2): 160–71. <https://doi.org/10.1177/2396987318825484>.
- Боголепова А.Н. Постинсультные когнитивные и астенические нарушения. Фармакология & Фармакотерапия. 2021; (2): 26–28. [Bogolepova A.N. Postinsul'tnyye kognitivnyye i astenicheskie narusheniya. *Pharmacology and Pharmacotherapy*. 2021; (2): 26–28 (In Russ.)]
- Holland A. & Fridriksson J. Aphasia management during the early phases of recovery following stroke. *American Journal of Speech-Language Pathology*. 2001; 10(1): 19–28.
- Rofes L., Clavé P., Ouyang A., Scharitzer M., Pokieser P., Vilardell N., Ortega O. Neurogenic [corrected] and oropharyngeal dysphagia. *Annals of the New*

- York Academy of Sciences. 2013; (1300): 1–10. <https://doi.org/10.1111/nyas.12234>.
11. Захаров В.В., Вахнина Н.В. Когнитивные нарушения при депрессии. Эффективная фармакотерапия. 2015; (1): 18 с. [Zaharov V.V., Vahnina N.V. Kognitivnyye narusheniya pri depressii. *Effektivnaya farmakoterapiya*. 2015; (1): 18 p. (In Russ.)]
  12. Локшина А.Б., Захаров В.В., Вахнина Н.В. Современные аспекты диагностики и лечения когнитивных нарушений (обзор литературы). Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2023; 15(1): 83–89. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2023-1-83-89> [Lokshina A.B., Zaharov V.V., Vahnina N.V. Modern aspects of diagnosis and treatment of cognitive impairments (literature review). *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2023; 15(1): 83–89. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2023-1-83-89> (In Russ.)]
  13. Балашова Е.Ю., Ковязина М.С. Методы нейропсихологической диагностики: Хрестоматия. М.: Изд-во Московского психолого-социального института. Воронеж: Изд-во НПОЛ «МОДЭК». 2009: 528 с. [Balashovoj E.Yu., Kovязinoj M.S. Metody nejropsihologicheskoy diagnostiki: Hrestomatiya. Moscow. Izdatel'stvo Moskovskogo psihologo-social'nogo instituta. Voronezh. Izdatel'stvo NPOL «MODEK». 2009: 528 p. (In Russ.)]
  14. Maruta C., Guerreiro M., Mendonça A. de. et al. The use of neuropsychological tests across Europe: the need for a consensus in the use of assessment tools for dementia. *European Journal of Neurology*. 2011; 18(2): 279–285. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2010.03134.x>.
  15. eLIBRARY.RU — Научная электронная библиотека. Доступно на: <https://www.elibrary.ru/querybox.asp?scope=newquery> [eLIBRARY.RU — Nauchnaya elektronnaya biblioteka. Available at: <https://www.elibrary.ru/querybox.asp?scope=newquery> (In Russ.)]
  16. Белкин А.А., Алашеев А.М., Белкин В.А., Белкина Ю.Б., Белова А.Н., Бельский Д.В. Реабилитация в отделении реанимации и интенсивной терапии (РеабИТ). Методические рекомендации Союза реабилитологов России и Федерации анестезиологов и реаниматологов. Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2022; (2): 7–40. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2022-2-7-40> [Belkin A.A., Alasheev A.M., Belkin V.A., Belkina YU.B., Belova A.N., Bel'skij D.V. et al. Rehabilitation in the intensive care unit (RehabICU). Clinical practice recommendations of the national Union of Physical and rehabilitation Medicine Specialists of Russia and of the national Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists. *Annals of Critical Care*. 2022; (2): 7–40. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2022-2-7-40> (In Russ.)]
  17. Siqueira G.S.A., Hagemann P.M.S., Santos F.H.D. et al. Can MoCA and MMSE Be Interchangeable Cognitive Screening Tools? A Systematic Review. *Gerontologist*. 2019; 59(6): 743–e763. <https://doi.org/10.1093/geront/gny126>.
  18. Ziad S., Nasreddine M.D., Phillips N.A. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool for Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2005; 53(4): 695–699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>.
  19. Folstein M.F., Folstein S.E., McHugh P.R. "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*. 1975; 12(3): 189–198. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(75\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6).
  20. Nys G., Vanzandvoort M., Dekort P., Jansen B., Kappelle L., Dehaan E. Restrictions of the Mini-Mental State Examination in acute stroke. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2005; 20(5): 623–629. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2005.04.001>.
  21. Nasreddine Z.S., Phillips N.A., Bédirian V. et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2005; 53(4): 695–699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>.
  22. Saar K., Nyrkkö H., Tolvanen A., Kuikka P., Poutiainen E., Aro T. Validation of a New Cognitive Screening Method for Stroke Patients. *Behavioural Neurology*. 2019; (2019): 2943603. <https://doi.org/10.1155/2019/2943603>.
  23. Blackburn D.J., Bafadhel L., Randall M., Harkness K.A. Cognitive screening in the acute stroke setting. *Age and Ageing*. 2013; 42(1): 113–116. <https://doi.org/10.1093/ageing/afs116>.
  24. Godefroy O., Fickl A., Roussel M. et al. Is the Montreal Cognitive Assessment superior to the Mini-Mental State Examination to detect poststroke cognitive impairment? A study with neuropsychological evaluation. *Stroke*. 2011; 42(6): 1712–1716. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.606277>.
  25. Kline P. Handbook of Psychological Testing (2nd ed.). London. Routledge. 1999: 752 p.
  26. Тонконогий И.М., Микадзе Ю.В. Краткое нейропсихологическое обследование когнитивной сферы (КНОКС). М.: ПЕР СЭ. 2010: 69 с. [Tonkonogij I.M., Mikadze Yu.V. Kratkoe nejropsihologicheskoe obsledovanie kognitivnoj sfery (KNOKS). Moscow. PER SE. 2010: 69 p. (In Russ.)]
  27. Громова В.С., Радугина Л.И. Оценка результатов нейропсихологического тестирования пациентов с последствиями перенесенных острых цереброваскулярных событий. Мечниковские чтения — 2022: материалы 95-й Всероссийской научно-практической студенческой конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 28 апреля 2022 года. Часть I. СПб: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова. 2022: 186–187. [Gromova V.S., Radugina L.I. Ocenka rezul'tatov nejropsihologicheskogo testirovaniya pacientov s posledstviyami perenesennyh ostryh cerebrovaskulyarnyh sobytij. Mechnikovskie chteniya-2022: materialy 95-oj Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy studencheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. St.Petersburg, 28 aprelya 2022 goda. Tom I. St. Petersburg: Severo-Zapadnyj gosudarstvennyj medicinskij universitet imeni I.I. Mechnikova. 2022: 186–187 (In Russ.)]
  28. Lima R.R., Rose M.L., Lima H.N., Cabral N.L., Silveira N.C., Massi G.A. Prevalence of aphasia after stroke in a hospital population in southern Brazil: a retrospective cohort study. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2020; 27(3): 215–223. <https://doi.org/10.1080/10749357.2019.1673593>.

Оригинальная статья / Original article

УДК: 57.043, 616.5-003.93

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-42-51>

## Влияние биопластического материала на адгезию, рост и пролиферативную активность фибробластов человека в средах, имитирующих кислотность раневого ложа при остром и хроническом воспалении

 Марков П.А.<sup>1,\*</sup>,  Еремин П.С.<sup>1</sup>,  Падерин Н.М.<sup>2</sup>,  Гильмутдинова И.Р.<sup>1</sup>,  
 Костромина Е.Ю.<sup>1</sup>,  Гребень А.И.<sup>1</sup>,  Фесюн А.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup> Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук ФГБУН ФИЦ «Коми научный центр УрО РАН», г. Сыктывкар, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Одним из ключевых этапов заживления ран является фаза воспаления, представляющая собой переходный процесс между гемостазом и заживлением раны. Каждая стадия воспалительно-репаративного процесса характеризуется своим значением кислотности раневого ложа. Например, при остром течении воспаления кислотность среды в раневом ложе снижается до pH 5,5–6. Хроническое течение воспалительного процесса, напротив, сопровождается увеличением pH до 8. На сегодняшний день пока недостаточно полно исследовано действие биоматериалов, содержащих в своем составе компоненты межклеточного матрикса дермы человека, на фибробласты, находящиеся в условиях ацидоза и алкалоза.

**ЦЕЛЬ.** Охарактеризовать влияние биопластического материала на основе коллагена, гиалуроновой кислоты и эластина на жизнеспособность и пролиферативную активность фибробластов человека в условиях, имитирующих кислотность острой и хронической раны.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Биопластический материал изготавливали согласно методу, описанному в патенте RU 2722744. Адгезивные свойства и пролиферативную активность фибробластов человека оценивали визуально с использованием люминесцентной микроскопии. Оценку количества апоптических и мертвых клеток проводили методом проточной цитометрии (BD FACSCanto II) с использованием коммерческого набора FITC Annexin V Apoptosis Detection Kit I (BD Pharmingen). Прочность, модуль Юнга и эластичность гелей определяли на анализаторе текстуры TA.XT-plus texture analyser (Stable Micro Systems, Великобритания).

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Установлено, что в условиях физиологического ацидоза функциональная активность фибробластов снижается, что выражается в снижении адгезивных свойств и пролиферативной активности клеток. Биопластический материал на основе коллагена, гиалуроновой кислоты и эластина способствует сохранению адгезивных свойств, жизнеспособности и пролиферативной активности фибробластов в условиях физиологического ацидоза.

**ВЫВОДЫ.** Полученные результаты указывают на то, что биопластический материал на основе растворимых компонентов дермы может быть использован в качестве биологически активного компонента раневых повязок для повышения эффективности репаративной регенерации, особенно при чрезмерном остром воспалении.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** биоматериалы, коллаген, гиалуроновая кислота, эластин, фибробласты, адгезия, пролиферация, апоптоз, кислотность.

**Для цитирования / For citation:** Марков П.А., Еремин П.С., Падерин Н.М., Гильмутдинова И.Р., Костромина Е.Ю., Гребень А.И., Фесюн А.Д. Влияние биопластического материала на адгезию, рост и пролиферативную активность фибробластов человека в средах, имитирующих кислотность раневого ложа при остром и хроническом воспалении. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):42-51. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-42-51> [Markov P.A., Eremin P.S., Paderin N.M., Gilmutdinova I.R., Kostromina E.Yu., Greben A.I., Fesyun A.D. Effect of Bioplastic Material on Adhesion, Growth and Proliferative Activity of Human Fibroblasts when Incubated in Solutions Mimic the Acidity of Wound an Acute and Chronic Inflammation. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 42-51. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-42-51> (In Russ.).]

\*Для корреспонденции: Марков Павел Александрович, E-mail: [markovpa@nmicrk.ru](mailto:markovpa@nmicrk.ru), [p.a.markov@mail.ru](mailto:p.a.markov@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4803-4803>

Статья получена: 10.02.2023

Поступила после рецензирования: 14.03.2023

Статья принята к печати: 18.04.2023

© 2023, Марков П.А., Еремин П.С., Падерин Н.М., Гильмутдинова И.Р., Костромина Е.Ю., Гребень А.И., Фесюн А.Д.

Pavel A. Markov, Petr S. Eremin, Nikita M. Paderin, Ilmira R. Gilmutdinova, Elena Yu. Kostromina, Anastasia I. Greben, Anatoliy D. Fesyun

Эта статья открытого доступа по лицензии CC BY 4.0. Издательство: ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России.

This is an open article under the CC BY 4.0 license. Published by the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

# Effect of Bioplastic Material on Adhesion, Growth and Proliferative Activity of Human Fibroblasts when Incubated in Solutions Mimic the Acidity of Wound an Acute and Chronic Inflammation

 Pavel A. Markov<sup>1,\*</sup>,  Petr S. Eremin<sup>1</sup>,  Nikita M. Paderin<sup>2</sup>,  Ilmira R. Gilmutdinova<sup>1</sup>,  Elena Yu. Kostromina<sup>1</sup>,  Anastasia I. Greben<sup>1</sup>,  Anatoliy D. Fesyun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Institute of Physiology of Federal Research Centre «Komi Science Centre of the Urals Branch of the Russian Academy of Sciences», Syktyvkar, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** One of the key stages of wound healing is the phase of inflammation, which is a transitional process between hemostasis and wound healing. Each stage of the inflammatory-reparative process is characterized by its own value of the acidity of the wound bed. For example, in the acute stage of inflammation, the acidity of the medium in the wound bed decreases to a pH of 5.5-6. The chronic stage of the inflammatory process, on the contrary, is accompanied by an increase in pH to 8. To date, so far, the effect of biomaterials containing components of the intercellular matrix of the human dermis on fibroblasts under acidosis and alkalosis has not been fully investigated.

**AIM.** To define the effect of bioplastic material based on collagen, hyaluronic acid and elastin on the viability and proliferative activity of human fibroblasts in conditions simulating the acidity of acute and chronic wounds.

**MATERIAL AND METHODS.** Bioplastic material was made according to the method described in patent RU 2722744. Adhesive properties and proliferative activity of human fibroblasts were assessed visually using fluorescent microscopy. The number of apoptotic and dead cells was assessed by flow cytometry (BD FACSCanto II) using the commercial FITC Annexin V Apoptosis Detection Kit I (BD Pharmingen). The strength, Young's modulus, and elasticity of the gels were determined on a TA.XT-plus texture analyzer (Stable Micro Systems, Great Britain).

**RESULTS AND DISCUSSION.** Using the methods of luminescent microscopy and flow cytometry, we found that the cell viability (namely, adhesive properties and proliferative activity) decreases after incubation on condition mimic of physiological acidosis. We found that, bioplastic material contributes to the preservation of adhesive properties, viability and proliferative activity of fibroblasts in physiological acidosis conditions.

**CONCLUSION.** The results obtained indicate that bioplastic material based on soluble dermis components can be used as a biologically active component of wound dressings for increase the effectiveness of reparative regeneration, especially in cases of excessive acute inflammation.

**KEYWORDS:** biomaterials, collagen, hyaluronic acid, elastin, fibroblasts, adhesion, proliferation, apoptosis, acidity.

**For citation:** Markov P.A., Eremin P.S., Paderin N.M., Gilmutdinova I.R., Kostromina E.Yu., Greben A I., Fesyun A.D. Effect of Bioplastic Material on Adhesion, Growth and Proliferative Activity of Human Fibroblasts when Incubated in Solutions Mimic the Acidity of Wound an Acute and Chronic Inflammation. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):42-51. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-42-51> (In Russ.).

\***For correspondence:** Pavel A. Markov, E-mail: [markovpa@nmicrk.ru](mailto:markovpa@nmicrk.ru), [p.a.markov@mail.ru](mailto:p.a.markov@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4803-4803>

**Received:** 10.02.2023

**Revised:** 14.03.2023

**Accepted:** 18.04.2023

## Список сокращений

FITC — изотиоцианат флуоресцеина

ВКМ — внеклеточный матрикс

DMEM — среда Игла, модифицированная Дульбекко

мН — миллиньютон

ФБС — фетальная сыворотка крупного рогатого скота

ЭДТА — этилендиаминтетрауксусная кислота

## ВВЕДЕНИЕ

Повреждение кожных покровов в результате воздействия механических, физических или химических

факторов, а также хронические раны могут вызвать тяжелые осложнения вплоть до летальных [1]. В настоящее время набирает популярность новая парадигма восстановления тканей с использованием биоматериалов искусственного и природного происхождения, направленная не столько на создание биологически инертных материалов, сколько на создание биоматериалов, способных регулировать клеточные реакции при различных патологических состояниях: острые и хронические раны, тяжелые и полнослойные повреждения [2–4].

Результаты многочисленных исследований указывают на перспективность использования биологически активных полимеров для контроля воспалительно-репаративных процессов. Ряд проведенных исследований показывает, что биоматериалы, содержащие в своем составе компоненты межклеточного матрикса дермы человека, повышают приживаемость фибробластов и мезенхимальных стромальных клеток человека [5–7].

Одним из ключевых этапов заживления ран является фаза воспаления, представляющая собой переходный процесс между гемостазом и заживлением раны. Каждая стадия воспалительно-репаративного процесса характеризуется своим значением кислотности раневого ложа. Так, стадия острого воспаления сопровождается снижением кислотности раневого ложа до pH 5,5–6, на стадии репаративной регенерации кислотность составляет порядка pH 7, хроническое воспаление характеризуется щелочной реакцией (pH 8) [8]. Хорошо известно, что кислотность среды оказывает влияние на функциональную активность клеток, а именно: пролиферацию, клеточный цикл, генерацию белков межклеточного матрикса, внутриклеточные сигнальные каскады, генерацию цитокинов и т.д. [9–13].

Из данных литературы известно, что, контролируя функциональную активность фибробластов, можно увеличить эффективность заживления кожных ран [14,15]. На сегодняшний день пока недостаточно полно исследовано действие биоматериалов, содержащих в своем составе компоненты межклеточного матрикса дермы человека, на клетки, находящиеся в условиях ацидоза и алкалоза. Поэтому для эффективного использования биоматериалов в качестве компонентов раневых покрытий требуется охарактеризовать их действие на функциональную активность клеток в условиях, имитирующих кислотность раневого ложа при остром и хроническом течении воспалительного процесса.

Цель исследования — охарактеризовать влияние биопластического материала на основе коллагена, гиалуроновой кислоты и эластина на жизнеспособность и пролиферативную активность фибробластов человека в условиях, имитирующих кислотность острой и хронической раны.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### 1. Материалы

Коллаген I типа, гидролизованный из кожи крупного рогатого скота, эластин и гиалуроновая кислота производства МОБИТЭК-М (Россия), бычий сывороточный альбумин производства Sigma-Aldrich (Германия). Набор для определения протеина Bradford (BioRad, США), витальный флюоресцентный краситель PKH-26 (Sigma). Фетальная сыворотка крупного рогатого скота (ФБС, NuClone, США), среда Игла, модифицированная Дульбекко (DMEM), сбалансированный солевой раствор Хенкса, фосфатно-буферный раствор, хлорид калия, гидроксид калия, пенициллин-стрептомицин, поставляемые компанией «Биолот» (Россия), молочная кислота от компании «Ветторг» (Белорусия).

### 2. Состав и метод изготовления органоспецифического биопластического материала

Процесс получения биопластического материала, подробно описанный в патенте RU 2722744 [16], включает

в себя следующие стадии: приготовление исходной смеси, заморозка и последующая вакуумная сублимационная сушка. В состав биоматериала входят коллаген I типа, гиалуроновая кислота и эластин. Соотношения компонентов подобраны в пропорциях, равных соотношению в дерме взрослого человека, а именно: 70% коллагена, 29% гиалуроновой кислоты и 1% эластина. Компоненты растворяли в стерильной дистиллированной воде, перемешивание осуществляли на лопастной мешалке, при 500–900 об/мин, в течение 20 минут. Полученную смесь разливали в чашки Петри и выдерживали 20 минут при комнатной температуре, после чего замораживали при –70 °С, через сутки образцы высушивали в вакуумно-сушильном аппарате при давлении 300 Па. Полученные образцы стерилизовали 70%-м раствором этилового спирта и ультрафиолетовым излучением.

### 3. Адгезия клеток к биоматериалу

Адгезивные свойства биоматериала оценивали по количеству фибробластов, прикрепившихся к поверхности образцов. Для улучшения визуализации клеток проводили предварительное окрашивание фибробластов витальным флюоресцентным красителем PKH-26.

Предварительно простерилизованные спиртом и UV-облучением образцы биоматериалов (Ø5 мм) поместили в лунки 96-луночных планшетов из расчета один образец на лунку, общее количество повторов для каждого образца — 5 шт. Во всех экспериментах, где не указано иное, использовали питательную среду DMEM, содержащую 10%-ю ФБС и 1%-й раствор пенициллина-стрептомицина. Затем в лунки внесли 0,1 мл питательной среды с кислой (pH 6), нейтральной (pH 7) и щелочной (pH 8) реакцией, содержащей фибробласты в количестве  $5 \times 10^4$  шт./мл. Количество повторов для каждого образца — 5 штук. Для закисления питательной среды использовали молочную кислоту, для защелачивания — раствор NaOH. В качестве контроля использовали питательную среду с добавлением эквивалентного количества (10 мкл/мл) дистиллированной воды. Инкубировали в стандартных условиях (37 °С, 5% CO<sub>2</sub>). Количество и морфометрические характеристики фибробластов оценивали через 6 часов с использованием световой и люминесцентной микроскопии.

### 4. Пролиферативная активность клеток

Оценку пролиферативной активности проводили при совместной инкубации исследуемых образцов с фибробластами человека. Для улучшения визуализации клеток проводили предварительное окрашивание клеток витальным флюоресцентным красителем PKH-26.

Для характеристики пролиферативной активности в лунки 96-луночного планшета поместили заранее простерилизованные спиртом и UV-облучением образцы биоматериалов (Ø5 мм) из расчета один образец на лунку, общее количество повторов для каждого образца — 5 штук. Затем в лунки внесли 0,1 мл питательной среды с кислой (pH 6), нейтральной (pH 7) и щелочной (pH 8) реакцией, содержащей фибробласты в количестве  $2 \times 10^4$  шт./мл.

Через 24, 48 и 72 часа после совместной инкубации биоматериалов с фибробластами оценивали количество и морфометрические характеристики клеток. Для этого

использовали микроскоп Leica (Leica Microsystems) и методы светового, поляризационного и люминесцентного наблюдения. Пролиферативную активность оценивали, подсчитывая количество клеток на квадрате площадью 0,15 мм<sup>2</sup>.

### 5. Оценка количества апоптических клеток

Влияние биоматериала на количество апоптических и мертвых клеток в популяции оценивали при совместной инкубации образцов с клетками человека. Для этого фибробласты высевали в лунки 12-луночного планшета в количестве  $4 \times 10^4$  шт./мл, инкубировали в стандартных условиях до достижения 90 % монослоя, после чего стандартную питательную среду заменяли на питательные среды с кислотностью pH 6, pH 7 и pH 8 и вносили биоматериал, предварительно простерилизованный ультрафиолетом (120 мин). Инкубацию проводили в стандартных условиях культивирования клеток. Через 24 часа биоматериал извлекали. Адгезированные клетки снимали с поверхности планшета с использованием раствора трипсин-ЭДТА. Оценку количества апоптических и мертвых клеток проводили методом проточной цитометрии (BD FACSCanto II) с использованием коммерческого набора FITC Annexin V Apoptosis Detection Kit I (BD Pharmingen).

### 6. Оценка механических свойств и интенсивности биодеструкции

Прочность, модуль Юнга и эластичность гелей определяли на анализаторе текстуры TA.XT-plus texture analyser (Stable Micro Systems, Великобритания), оснащенном сферическим зондом ( $\varnothing$  5 мм). Скорость движения зонда в образцах — 10 мм/мин, глубина проникновения — 5 мм. Расчеты механических кривых зависимости силы от расстояния погружения зонда выполнены с использованием программного обеспечения Texture Exponent 6.1.4.0 (Stable Micro Systems, Великобритания). Определяли прочность образца (максимальную силу, прикладываемую до разрушения образца, mN), энергию деформации (mJ) и эластичность (расстояние, пройденное зондом до разрушения образца, мм).

Интенсивность биодеструкции оценивали, измеряя механические свойства биоматериала до и после инкубации в кислой (pH 6), нейтральной (pH 7) и щелочной (pH 8) средах.

### 7. Статистическая обработка результатов

При обработке данных вычисляли среднее арифметическое значение (M), среднее квадратичное отклонение (SD). Достоверность различий оценивалась по t-критерию Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из направлений поиска способов повышения эффективности репаративной регенерации является регуляция функциональной активности клеток, участвующих в процессах восстановления ткани. Наряду с моноцитами и макрофагами непосредственное участие в воспалительно-репаративных процессах играют дермальные фибробласты. Фибробласты представляют собой гетерогенную клеточную популяцию, ответственную за продукцию и ремоделирование внеклеточного

матрикса дермы [17]. Адгезия фибробластов к субстрату играет важную роль во многих клеточных процессах, включая миграцию и пролиферацию клеток, а также заживление ран и ангиогенез [14, 18].

В проведенном исследовании адгезивные свойства клеток оценивали в условиях нейтральной, кислой и щелочной среды. Для этого фибробласты, предварительно окрашенные флюоресцентным красителем, инкубировали в нейтральной, кислой и щелочной средах. Установлено, что через 6 часов при инкубации в нейтральной среде (pH 7) на поверхности пластика адгезируется  $114 \pm 27$  клеток на 0,15 мм<sup>2</sup> (рис. 1а). В кислой среде количество адгезированных клеток снижается и составляет менее  $26 \pm 9$  шт., то есть порядка 20 % от контрольного значения (рис. 1б). В щелочной среде количество адгезированных клеток сопоставимо с контролем и составляет  $97 \pm 16$  шт. на 0,15 мм<sup>2</sup> (рис. 1в). Во всех использованных средах клетки имеют преимущественно сферическую форму с площадью тела  $116 \pm 17$  мкм<sup>2</sup>.

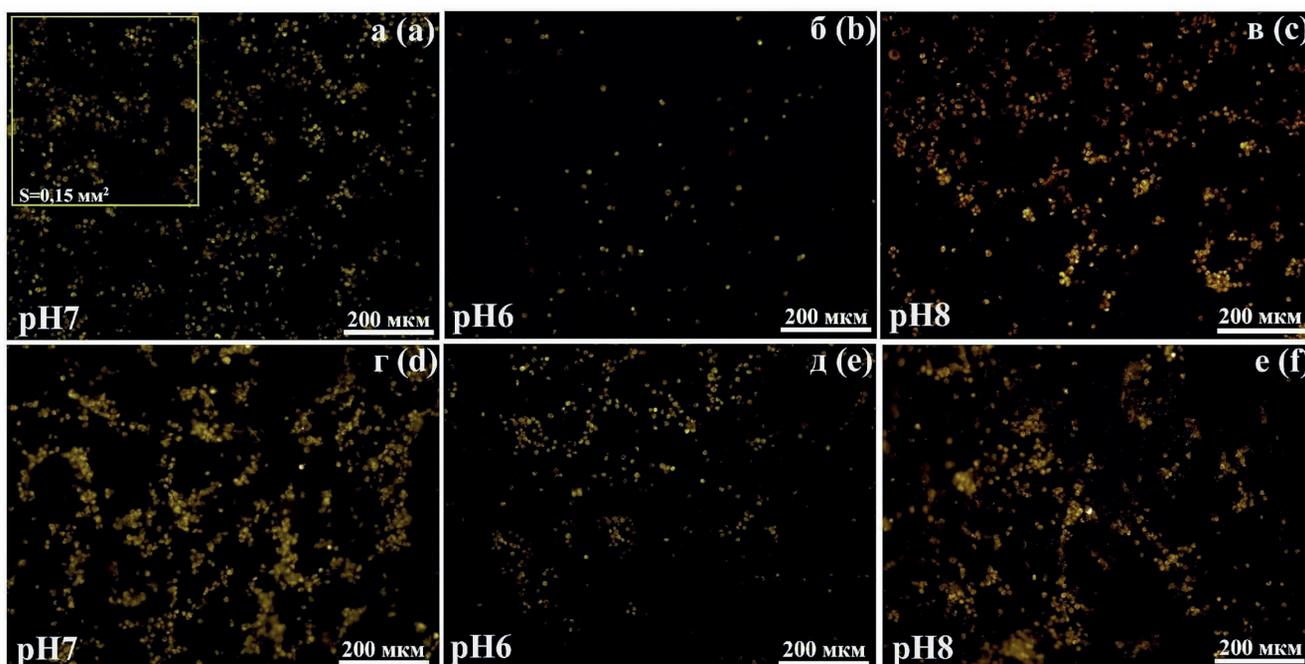
Установлено, что в условиях нейтральной среды количество адгезированных клеток на поверхности биоматериала составляет  $98 \pm 13$  шт. / 0,15 мм<sup>2</sup> (рис. 1г). В кислой среде количество адгезированных клеток снижается на 40 % и составляет  $57 \pm 6$  шт. / 0,15 мм<sup>2</sup> (рис. 1д). Щелочная среда не влияет на адгезию клеток к биоматериалу, количество адгезированных клеток составляет  $99 \pm 19$  шт. / 0,15 мм<sup>2</sup> (рис. 1е). Размеры клеток на поверхности биоматериала сопоставимы с размерами клеток, адгезированных на культуральном пластике.

Ранее сообщалось, что биоматериалы на основе компонентов внеклеточного матрикса (ВКМ) поддерживают адгезию и пролиферацию фибробластов [19–21]. В большинстве проводимых исследований по влиянию биоматериалов на функциональную активность фибробластов и их миграционную способность используются питательные среды с pH около 7, что соответствует физиологическим нормам межтканевой жидкости. Однако при остром течении воспаления кислотность среды в раневом ложе снижается до pH 5,5–6. Хроническое течение воспалительного процесса, напротив, сопровождается увеличением pH до 8 [22].

Результаты проведенного нами исследования показывают, что в кислой среде адгезивные свойства фибробластов снижаются. Несмотря на дисфункцию фибробластов, инкубированных в условиях ацидоза культуральной среды, количество прикрепившихся клеток к поверхности биоматериала выше, чем к культуральному пластику. Механизмы данного явления пока не исследованы. Можно предположить, что увеличение количества адгезированных клеток обусловлено наличием в коллагене пептидных сайтов связывания специфических к интегринам фибробластов [23].

На следующем этапе исследования оценивали влияние биопластического материала на морфологию и пролиферативную активность фибробластов при их инкубации в средах с нейтральным значением pH, а также в условиях ацидоза и алкалоза.

Через сутки культивирования фибробластов в питательной среде с pH 7 на поверхности лунки насчитывается примерно 70–80 клеток на 0,15 мм<sup>2</sup>. Более 90 % клеток имеют веретеновидную форму тела, размеры клеток со-



**Рис. 1.** Адгезия фибробластов к пластику (а, б, в) и к поверхности биопластического материала (г, д, е) в нейтральной (а, г), кислой (б, д) и щелочной (в, е) средах. Люминесцентная микроскопия, увеличение 50х  
**Fig. 1.** Adhesion of fibroblasts on the plastic (a, b, c) and to the surface of bioplastic material (d, e, f) in neutral (a, d), acidic (b, e) and alkaline (c, f) media. Fluorescent microscopy, magnification 50x

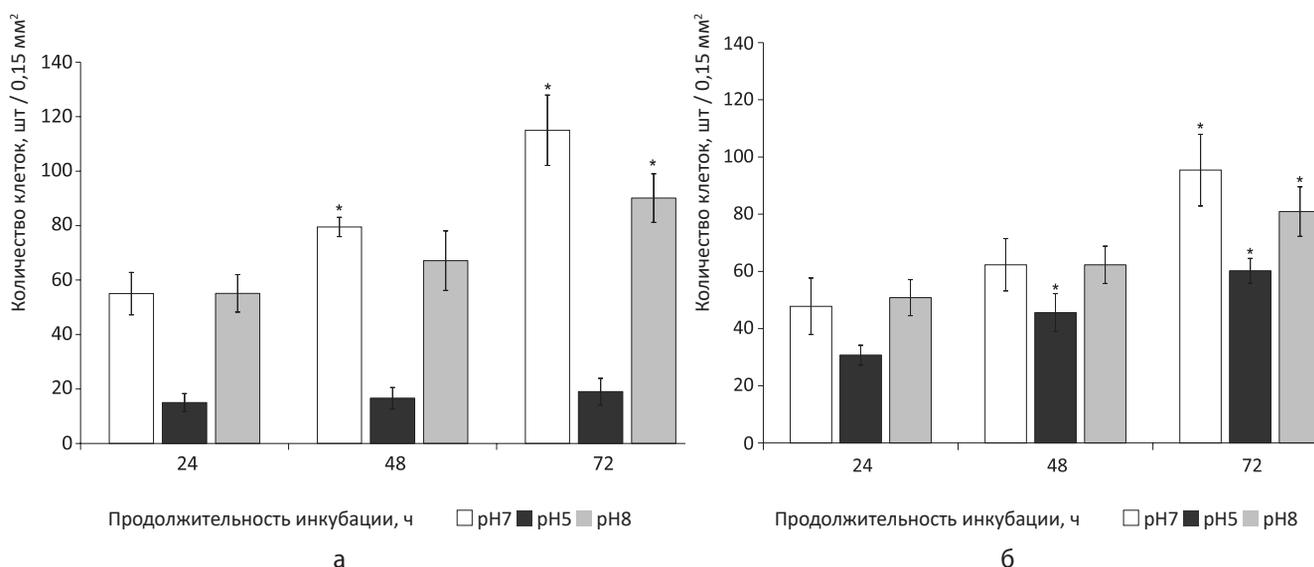
ставляют  $116 \pm 15 \text{ мкм}^2$  (рис. 2а). С увеличением продолжительности культивирования количество и размеры клеток увеличиваются. К концу периода наблюдения количество клеток увеличивается более чем в два раза (рис. 2а), площадь тела клеток достигает  $330 \pm 59 \text{ мкм}^2$  (рис. 3а). Полученные результаты свидетельствуют о нормальной пролиферативной активности клеточной популяции.

Выявлено, что при инкубации в кислой среде рост клеток ингибируется. Так, например, из 10 прикрепив-

шихся клеток только 2 имеют веретеновидную форму. Количество клеток за весь период наблюдения не увеличивается (рис. 2б, 3б).

Выявлено, что щелочная среда практически не влияет на пролиферативную активность фибробластов, количество клеток сопоставимо с количеством клеток, инкубированных в культуральной среде при pH 7 (рис. 2в, 3в).

Полученные результаты согласуются с данными литературы; ранее было показано, что в кислых условиях

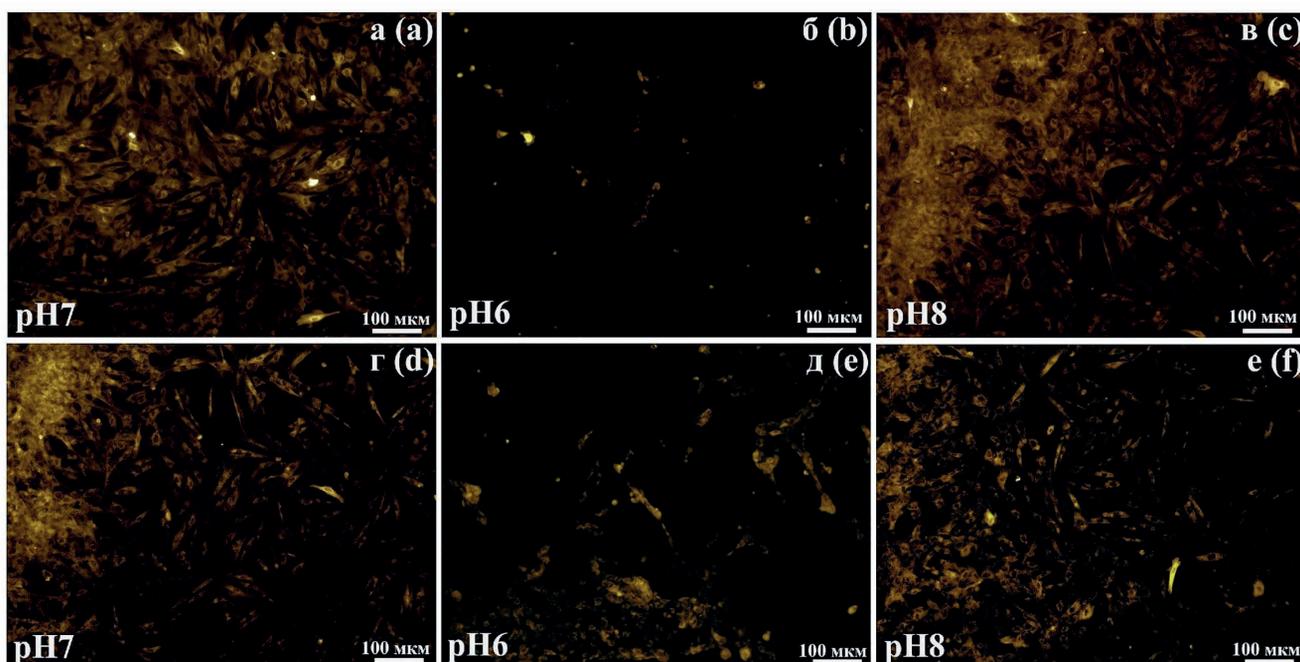


**Рис. 2.** Пролиферативная активность фибробластов на поверхности культурального пластика (а) и на поверхности биопластического материала (б) после инкубации в нейтральной, кислой и щелочной средах

**Fig. 2.** Proliferative activity of fibroblasts on the surface of culture plastic (a) and on the surface of bioplastic material (б) after incubation in neutral, acidic and alkaline media

**Примечание:** \* — различия достоверны при  $p < 0,05$ , по сравнению с контролем,  $M \pm SD$ ,  $n = 5$ .

**Note:**  $M \pm SD$ ; \* — differences are significant compared to control, when  $p < 0,05$ ;  $n = 5$ .



**Рис. 3.** Фибробласты на поверхности культурального пластика (а, б, в) и поверхности биопластического материала (г, д, е) через 72 ч культивирования в нейтральной (а, г), кислой (б, д) и щелочной (в, е) средах. Люминесцентная микроскопия, увеличение 100х

**Fig. 3.** Fibroblasts on the surface of cultural plastic (a, b, c) and the surface of bioplastic material (d, e, f) after 72 h of cultivation in neutral (a, d), acidic (b, e), and alkaline (c, f) media. Fluorescent microscopy, magnification 100x

пролиферативная и миграционная способность фибробластов снижается [24].

Установлено, что культивирование фибробластов на поверхности биоматериала в условиях кислой среды увеличивает пролиферативную активность клеток. Так, например, к концу эксперимента количество клеток увеличивается с  $31 \pm 3$  до  $58 \pm 6$  шт. (рис. 2б), также увеличиваются размеры клеток с  $98 \pm 15$  до  $252 \pm 70$  мкм<sup>2</sup> (рис. 3д). Несмотря на это, функциональная активность фибробластов, культивированных в кислых условиях, остается сниженной по сравнению с клетками, культивированными на пластике и на поверхности биоматериала в условиях нейтральной и щелочной среды (рис. 2, 3).

На следующем этапе исследования, с использованием проточной цитометрии, рассматривали влияние биоматериала на количество апоптических клеток. Для этого биоматериал инкубировали с предварительно адгезированными на культуральном пластике фибробластами.

В контроле через сутки инкубации фибробластов в питательной среде с pH 7 количество живых, апоптических и мертвых клеток составляет  $94 \pm 5$ ,  $1,1 \pm 0,3$  и  $5,2 \pm 0,2$  % соответственно (рис. 4). В кислой среде количество живых клеток снижается до  $28 \pm 10$  %, в то время как количество апоптических и мертвых клеток увеличивается до  $6 \pm 1$  и  $81 \pm 12$  % соответственно. В щелочной среде количество живых клеток снижается в меньшей степени и составляет  $72 \pm 9$  % от всех клеток в популяции. Количество мертвых клеток возрастает до  $18 \pm 3$  %, апоптических клеток — до  $12 \pm 3$  % (рис. 4).

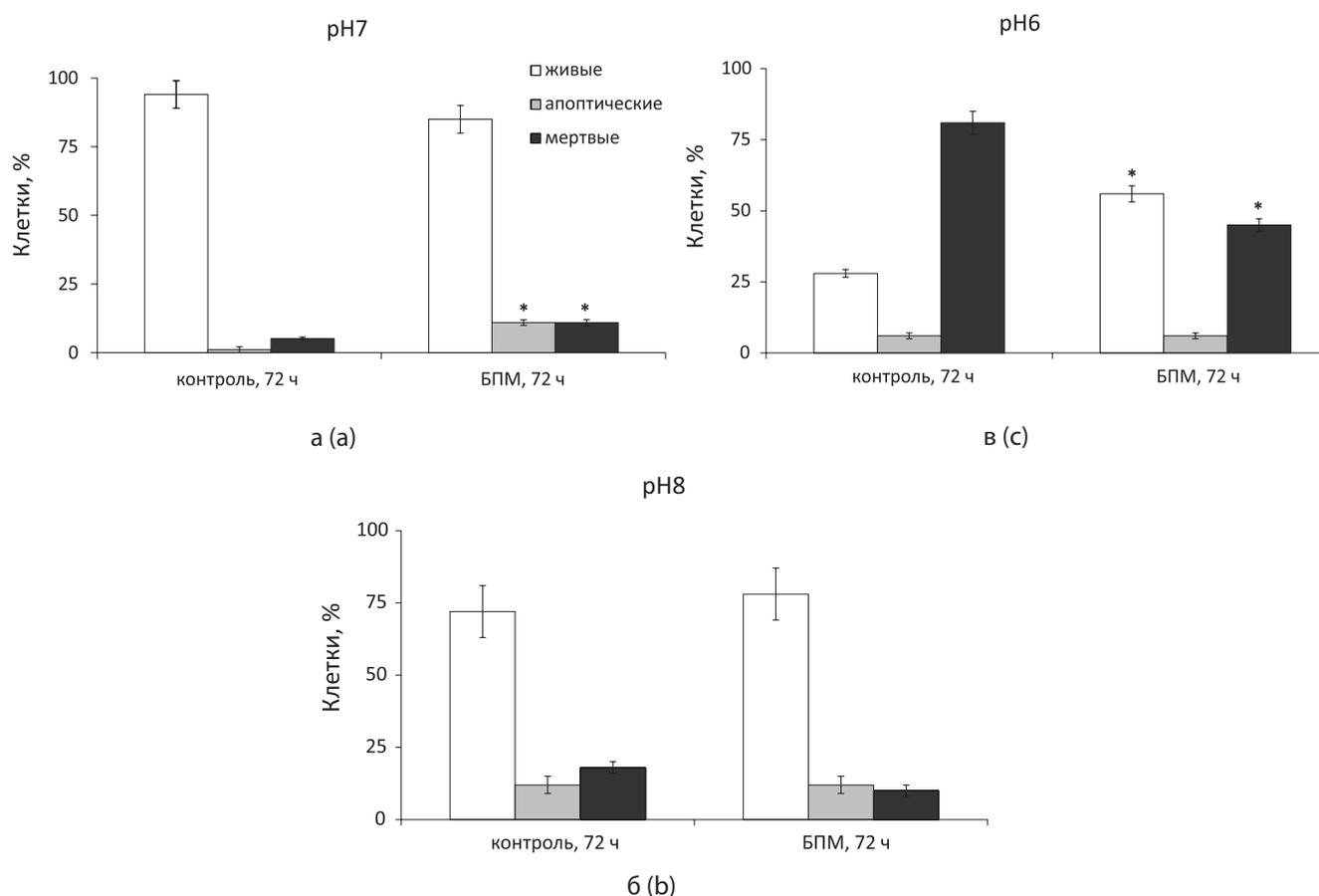
Установлено, что биоматериал не влияет на количество апоптических клеток в нейтральной и щелочной средах. Данные проточной цитометрии показывают, что

при инкубации клеток в кислой среде, в присутствии биоматериала, количество живых клеток увеличивается более чем в два раза (рис. 4).

Таким образом установлено, что исследуемый биопластический материал повышает жизнеспособность фибробластов в условиях физиологического ацидоза, а именно: способствует адгезии клеток, увеличивает их пролиферативную активность, а также снижает количество мертвых клеток.

На заключительном этапе исследования оценивали устойчивость биоматериала к деструкции в солевых растворах с нейтральной, кислой и щелочной реакцией. Установлено, что прочность сухого биоматериала составляет  $1960 \pm 696$  мН. После помещения биоматериала в солевой раствор прочность образцов стремительно снижается и уже через 15 минут составляет менее 10 % от начальной (табл. 1). Однако дальнейшее снижение прочности замедляется и в течение последующих суток практически не изменяется. В сухом состоянии исследуемый биоматериал обладает низкой эластичностью; расстояние, проходимое зондом до прокола образца, в среднем составляет  $0,83 \pm 0,21$  мм. Найдено, что при инкубации в солевых растворах увеличивается эластичность биоматериала (табл. 1). Полученные результаты показывают, что изменения прочности и эластичности биоматериала не зависят от кислотности солевого раствора (табл. 1).

Изучение регенеративного потенциала биоматериалов на основе коллагена, эластина, гиалуроновой кислоты, а также их композиций с другими биополимерами является достаточно популярным направлением исследований в области тканевой инженерии и регенеративной медицины. Популярность использования природных био-



**Рис. 4.** Влияние биопластического материала (БПМ) на количество живых, апоптотических и мертвых клеток через 72 ч совместной инкубации в нейтральной (а), кислой (б) и щелочной (в) средах

**Fig. 4.** The effect of bioplastic material (BPM) on the number of livings, apoptotic and dead cells after 72 h of incubation in neutral (a), acidic (b) and alkaline (c) media

**Примечание:** \* — различия достоверны при  $p < 0,05$ , по сравнению с контролем,  $M \pm SD$ ,  $n = 7$ .

**Note:**  $M \pm SD$ ; \* — differences are significant compared to control, when  $p < 0,05$ ;  $n = 7$ .

**Таблица 1.** Деструкция биоматериала в кислой, нейтральной и щелочной средах

**Table 1.** Destruction of biomaterial after incubation in acidic, neutral and alkaline solutions

Продолжительность инкубации, ч / Incubation time, h	Прочность, мН / Strength, mN			Эластичность, мм / Elasticity, mm		
	pH 6	pH 7	pH 8	pH 6	pH 7	pH 8
0,25	109 ± 7	87 ± 16	127 ± 28	1,45 ± 0,02	1,43 ± 0,21	1,85 ± 0,13
3	68 ± 9 *	58 ± 2 *	106 ± 9	2,58 ± 0,2 *	2,66 ± 0,31 *	2,84 ± 0,58 *
24	51 ± 10	40 ± 6 *	66 ± 10 *	2,81 ± 0,14	2,33 ± 0,12	2,96 ± 0,77

**Примечание:** Данные представлены в виде среднееарифметического значения ± стандартное отклонение ( $M \pm SD$ ); \* — различия достоверны при  $p < 0,05$ , по сравнению с предыдущим значением,  $n = 7$ .

**Note:** data are presented as means ± standard deviation ( $M \pm SD$ ); \* — differences are significant compared to previous value,  $p < 0,05$ ;  $n = 7$ .

полимеров в качестве компонентов тканеинженерных конструкций обусловлена в первую очередь их высокой биосовместимостью с клетками и тканями человека и животных [25–27].

Результаты проведенного исследования расширяют представления о функциональных свойствах биоматериалов, изготовленных из компонентов межклеточного

матрикса. Несмотря на полученные обнадеживающие результаты, демонстрирующие способность биопластического материала сохранять функциональную активность фибробластов в условиях ацидоза, пока не известно, будет ли найденное свойство биопластического материала значимым для усиления репаративной регенерации в условиях *in vivo* при моделировании острых кожных ран у лабораторных животных.

**ВЫВОДЫ**

1. Поверхность биоматериала на основе коллагена, гиалуроновой кислоты и эластина обладает качествами, поддерживающими адгезию и пролиферативную активность фибробластов.

2. В условиях физиологического ацидоза снижается адгезивность и пролиферативная активность фибробластов, увеличивается количество апоптических клеток. Выявлено, что исследованный биопластический материал

предотвращает дисфункцию фибробластов, вызванную воздействием кислой среды.

3. Кислотность инкубационной среды не влияет на механические свойства биоматериала.

4. Биоматериал на основе растворимых компонентов дермы может быть использован в качестве биологически активного компонента раневых повязок для повышения эффективности репаративной регенерации, особенно при чрезмерном остром воспалении.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

**Марков Павел Александрович**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела биомедицинских технологий, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: markovpa@nmicrk.ru, p.a.markov@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4803-4803>

**Ерёмин Петр Серафимович**, научный сотрудник лаборатории клеточных технологий отдела биомедицинских технологий, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: ereminps@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8832-8470>

**Падерин Никита Михайлович**, научный сотрудник отдела молекулярной иммунологии и биотехнологии, Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.

E-mail: paderin\_nm@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5313-7105>

**Гильмутдинова Ильмира Ринатовна**, кандидат медицинских наук, заведующая отделом биомедицинских технологий, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: gilm.ilmira@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6743-2615>

**Костромина Елена Юрьевна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела биомедицинских технологий, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: bioimed07@hotmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9728-7938>

**Гребень Анастасия Игоревна**, младший научный сотрудник отдела биомедицинских технологий, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: aik-nastya@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2423-523X>

**Фесюн Анатолий Дмитриевич**, доктор медицинских наук, и.о. директора, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: nmicrk@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Марков П.А. — разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи, обоснование научной значимости; Еремин П.С. — получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, статистическая обработка данных; Падерин Н.М. — получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, статистическая обработка данных; Гильмутдинова И.Р. — проверка и утверждение текста статьи, проектное руководство; Костромина Е.Ю. — поиск/анализ (полнотекстовых англоязычных) источников, написание и редактирование текста статьи; Гребень А.И. — поиск/анализ (полнотекстовых англоязычных) источников, написание и редактирование текста статьи; Фесюн А.Д. — проверка и утверждение текста статьи, проектное руководство.

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Гильмутдинова И.Р., Еремин П.С. — обладатели патента РФ, 2722744, А61L27/44. 2020 «Органоспецифический биопластический пористый материал на основе растворимой формы стабилизированного внеклеточного матрикса». Фесюн А.Д. — и. о. директора ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии», президент Национальной ассоциации экспертов по санаторно-курортному лечению, главный редактор журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

**ADDITIONAL INFORMATION**

**Pavel A. Markov**, Ph.D. (Biol.), Department of Biomedical Technologies, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia.

E-mail: markovpa@nmicrk.ru, p.a.markov@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4803-4803>

**Petr S. Eremin**, Researcher, Laboratory of Cellular Technologies, Department of Biomedical Technologies, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia.

E-mail: ereminps@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8832-8470>

**Nikita M. Paderin**, Researcher, Department of Molecular Immunology and Biotechnology, Institute of Physiology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia.

E-mail: paderin\_nm@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5313-7105>

**Ilmira R. Gilmutdinova**, Ph.D. (Med.), Head of the Department of Biomedical Technologies, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia.

E-mail: gilm.ilmira@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6743-2615>

**Elena Yu. Kostromina**, Ph.D. (Biol.), Senior Researcher, Department of Biomedical Technologies, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia.

E-mail: bioimed07@hotmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9728-7938>

**Anastasia I. Greben**, Junior Researcher, Department of Biomedical Technologies, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia.

E-mail: aik-nasty@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2423-523X>

**Anatoliy D. Fesyun**, Dr Sci. (Med.), Acting Director, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia.

E-mail: nmicrk@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Markov P.A. — development of the concept

of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article, substantiating scientific significance; Eremin P.S. — obtaining and analyzing data, writing and editing the text of the article, statistical data processing; Paderin N.M. — obtaining and analyzing data, writing and editing the text of the article, statistical data processing; Gilmutdinova I.R. — checking and approving the text of the article, project management; Kostromina E.Yu. — search/analysis of (full-text English-language) sources, writing and editing the text of the article; Greben A.I. — search/analysis of (full-text English-language) sources, writing and editing the text of the article; Fesyun A.D. — verification and approval of the text of the article, project management.

**Funding.** This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** Gilmutdinova I.R., Eremin P.S. own patent RU 2722744, A61L27/44. 2020 "Organospecific bioplastic porous material based on a soluble form of stabilized extracellular matrix". Fesyun A.D. — Acting Director of the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, President of the National Association of Experts in Spa Treatment, Editor-in-Chief of the Bulletin of Rehabilitation Medicine. Other authors declare that there is no conflict of interest related to the research and publication of this article.

**Data Access Statement.** The research data is available from the corresponding author.

## Список литературы / References

- Shpichka A., Butnaru D., Bezrukov E A. et al. Skin tissue regeneration for burn injury. *Stem Cell Research & Therapy*. 2019; 10(1): 94 p. <https://doi.org/10.1186/s13287-019-1203-3>.
- Sheikholeslam M., Wright M E.E., Jeschke M G., Amini-Nik S Biomaterials for Skin Substitutes. *Advanced Healthcare Materials*. 2018; 7(5): 20 p. <https://doi.org/10.1002/adhm.201700897>.
- Regier M C., Montanez-Sauri S I., Schwartz M P. et al. The Influence of Biomaterials on Cytokine Production in 3D Cultures. *Biomacromolecules*. 2017; 18(3): 709–718. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.6b01469>.
- Hakimi N., Cheng R., Leng L. et al. Handheld skin printer: in situ formation of planar biomaterials and tissues. *Lab on a Chip*. 2018; 18(10): 1440–1451. <https://doi.org/10.1039/c7lc01236e>.
- Gilmutdinova I R., Kostromina E., Yakupova R D., Eremin P S. Development of nanostructured bioplastic material for wound healing. *European Journal of Translational Myology*. 2021; 31(1): 1–5. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2021.9388>.
- Гильмутдинова И Р., Костромина Е Ю., Якупова Р Д., Еремин П С. Разработка наноструктурированного биопластического материала для комбустиологии. *Биотехнология*. 2020; 36(4): 65–68. [Gilmutdinova I R., Kostromina E.Yu., Yakupova R D., Eremin P S. Creation of a novel nanostructured bioplastic material for combustiology. *Biotehnologiya*. 2020; 36(4): 65–68 (In Russ.).].
- Cabral L R.B., Teixeira L N., Gimenez R P. et al. Effect of Hyaluronic Acid and Poly-L-Lactic Acid Dermal Fillers on Collagen Synthesis: An in vitro and in vivo Study. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*. 2020; (13): 701–710. <https://doi.org/10.2147/CCID.S266015>.
- Schneider L A., Korber A., Grabbe S. et al. Influence of pH on wound-healing: a new perspective for wound-therapy. *Archives of Dermatological Research*. 2007; (298): 413–420. <https://doi.org/10.1007/s00403-006-0713-x>.
- Matsuki T., Pédrón T., Regnault B. et al. Epithelial cell proliferation arrest induced by lactate and acetate from *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium breve*. *PLoS One*. 2013; 8(4): e63053. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063053>
- Shan T., Chen S., Chen X. et al. M2-TAM subsets altered by lactic acid promote T-cell apoptosis through the PD-L1/PD-1 pathway. *Oncology Reports*. 2020; 44(5): 1885–1894. <https://doi.org/10.3892/or.2020.7767>.
- Quinn W J. 3rd, Jiao J., TeSlaa T. et al. Lactate Limits T Cell Proliferation via the NAD(H) Redox State. *Cell Reports*. 2020; 33(11): 108500. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2020.108500>.
- Gomez-Gutierrez J G., Bhutiani N., McNally M W. et al. The neutral red assay can be used to evaluate cell viability during autophagy or in an acidic microenvironment in vitro. *Biotechnic & Histochemistry*. 2021; 96(4): 302–310. <https://doi.org/10.1080/10520295.2020.1802065>.
- Liu Y., Kalén A., Risto O., Wahlström O Fibroblast proliferation due to exposure to a platelet concentrate in vitro is pH dependent. *Wound Repair and Regeneration*. 2002; 10(5): 336–340.
- Jiang D., Rinkevich Y Scars or Regeneration? Dermal Fibroblasts as Drivers of Diverse Skin Wound Responses. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21(2): 617. <https://doi.org/10.3390/ijms21020617>.
- Zhang X., Kang X., Jin L. et al. Stimulation of wound healing using bioinspired hydrogels with basic fibroblast growth factor (bFGF). *International Journal of Nanomedicine*. 2018; (13): 3897–3906. <https://doi.org/10.2147/IJN.S168998>.
- Гильмутдинова И Р., Еремин П С. Органоспецифический биопластический пористый материал, на основе растворимой формы стабилизированного внеклеточного матрикса. Патент РФ, 2722744, А61L27/44. 2020 [Gilmutdinova I R., Eremin P S. Organ-specific bioplastic material based on soluble form of stabilized extracellular matrix. RU Patent RU 2722744, A61L27/44. 2020. (In Russ.).]
- Avery D., Govindaraju P., Jacob M. et al. Extracellular matrix directs phenotypic heterogeneity of activated fibroblasts. *Matrix Biology*. 2018; (67): 90–106. <https://doi.org/10.1016/j.matbio.2017.12.003>.
- Katoh K. FAK-Dependent Cell Motility and Cell Elongation. *Cells*. 2020; 9(1): 192. <https://doi.org/10.3390/cells9010192>.

19. Wolf M T., Daly K A., Brennan-Pierce E P. et al. A hydrogel derived from decellularized dermal extracellular matrix. *Biomaterials*. 2012; 33(29): 7028–7038. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2012.06.051>.
20. Drobnik J., Pietrucha K., Piera L. et al. Collagenous scaffolds supplemented with hyaluronic acid and chondroitin sulfate used for wound fibroblast and embryonic nerve cell culture. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*. 2017; 26(2): 223–230. <https://doi.org/10.17219/acem/62835>.
21. Suh H, Lee JE. Behavior of fibroblasts on a porous hyaluronic acid incorporated collagen matrix. *Yonsei Medical Journal*. 2002; 43(2): 193–202. <https://doi.org/10.3349/ymj.2002.43.2.193>.
22. Schneider L A., Korber A., Grabbe S., Dissemond J Influence of pH on wound-healing: a new perspective for wound-therapy? *Archives of Dermatological Research*. 2007; 298(9): 413–420. <https://doi.org/10.1007/s00403-006-0713-x>.
23. Grab B., Miles A J., Furcht L T., Fields G B. Promotion of fibroblast adhesion by triple-helical peptide models of type I collagen-derived sequences. *The Journal of Biological Chemistry*. 1996; 271(21): 12234–12240. <https://doi.org/10.1074/jbc.271.21.12234>.
24. Kruse C R., Singh M., Targosinski S. et al. The effect of pH on cell viability, cell migration, cell proliferation, wound closure, and wound reepithelialization: In vitro and in vivo study. *Wound Repair and Regeneration*. 2017; 25(2): 260–269. <https://doi.org/10.1111/wrr.12526>.
25. Marin M M., Ianchis R., Leu Alexa R. et al. Development of New Collagen/Clay Composite Biomaterials. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021; 23(1): 401. <https://doi.org/10.3390/ijms23010401>.
26. Catoira M C., Fusaro L., Di Francesco D. et al. Overview of natural hydrogels for regenerative medicine applications. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2019; 30(10): 115. <https://doi.org/10.1007/s10856-019-6318-7>.
27. Meyer M Processing of collagen-based biomaterials and the resulting materials properties. *BioMedical Engineering OnLine*. 2019; 18(1): 24. <https://doi.org/10.1186/s12938-019-0647-0>.



## ЭКГ-телемониторинг кардиальных рисков медицинской реабилитации пациентов, перенесших инсульт: контролируемое исследование в параллельных группах

 **Погонченкова И.В.<sup>1</sup>**,  **Костенко Е.В.<sup>1,2</sup>**,  **Петрова Л.В.<sup>1,\*</sup>**,  **Непринцева Н.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Обеспечение безопасности и возможность персонального дозирования физической нагрузки являются основными аспектами проведения медицинской реабилитации у пациентов, перенесших инсульт.

**ЦЕЛЬ.** Изучить возможности оценки и коррекции кардиальных рисков посредством ЭКГ-телемониторинга при комплексной реабилитации пациентов в раннем и позднем восстановительном периоде ишемического церебрального инсульта (ИИ).

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Включено 60 пациентов в раннем (РВП) и 60 пациентов в позднем (ПВП) восстановительном периоде ИИ в возрасте от 45 до 75 лет. Во время каждой процедуры комплексной медицинской реабилитации (МР) контролировали параметры ЭКГ пациентов при помощи портативного телекардиокомплекса (ECG Dongle — «кардиофлешка»). Анализ ЭКГ в режиме реального времени позволил проводить индивидуальную коррекцию реабилитационной нагрузки.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Оценка ЭКГ-изменений проводилась в подгруппах пациентов с учетом патогенетического подтипа ИИ по TOAST. Подтверждена высокая коморбидность пациентов с ИИ по кардиальному профилю (артериальная гипертензия — 64,1 %, дислипидемия — 68,3 %; ожирение — 41,6, ИБС — 15 %). Выявлены клинически значимые изменения ЭКГ: желудочковая экстрасистолия в РВП — в 11,7 % случаев, ПВП — в 8,3 %; фибрилляция предсердий в РВП — у 16,7 %, в ПВП — у 10 % пациентов, нарушения проведения — в 15 % и 11,7 % случаях соответственно. Большинство ЭКГ-нарушений были клинически бессимптомные. У большей части пациентов имелись выраженные нарушения регуляции сердечной деятельности, также клинически бессимптомные. Индивидуальная коррекция программы двигательной реабилитации у пациентов с клиническими значимыми ЭКГ-изменениями позволили полностью завершить курс МР пациентам с ИИ.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Использование дистанционных ТМТ при оценке кардиобезопасности у пациентов после ИИ обеспечивает персонализированный подход и позволяет осуществить точную оценку кардиальных рисков, что расширяет перспективы и возможности их реабилитации.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** кардиобезопасность, ишемический инсульт, телемедицина, медицинская реабилитация, коморбидность, электрокардиография, нарушения ритма сердца.

**Для цитирования / For citation:** Погонченкова И.В., Костенко Е.В., Петрова Л.В., Непринцева Н.В. ЭКГ-телемониторинг кардиальных рисков медицинской реабилитации пациентов, перенесших инсульт: контролируемое исследование в параллельных группах. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2): 52-65. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-52-65>. [Pogonchenkova I.V., Kostenko E.V., Petrova L.V., Neprintseva N.V. ECG telemonitoring of Cardiac Risks in Medical Rehabilitation of Stroke Patients: Controlled Study in Parallel Groups. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 52-65. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-52-65> (In Russ.)]

\***Для корреспонденции:** Петрова Людмила Владимировна, E-mail: [mnpdsm-f7@zdrav.mos.ru](mailto:mnpdsm-f7@zdrav.mos.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

Статья получена: 20.02.2023

Поступила после рецензирования: 23.03.2023

Статья принята к печати: 20.04.2023

# ECG telemonitoring of Cardiac Risks in Medical Rehabilitation of Stroke Patients: Controlled Study in Parallel Groups

 Irena V. Pogonchenkova<sup>1</sup>,  Elena V. Kostenko<sup>1,2</sup>,  Liudmila V. Petrova<sup>1,\*</sup>,  
 Natalia V. Neprintseva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Safety and the personal dosing of physical activity are the main aspects of medical rehabilitation in stroke patients.

**AIM.** To study the possibilities of assessment and correction of cardiac risks by ECG telemonitoring during complex medical rehabilitation of patients in early and late recovery period of ischemic cerebral stroke (IS).

**MATERIALS AND METHODS.** The study included 60 patients in the early and 60 patients in the late recovery period of IS aged 45 to 75 years. During each procedure of complex medical rehabilitation with multimodal impact on impaired motor functions, the ECG parameters of patients were monitored using a portable telecardiocomplex («ECG Dongle» — «cardioflash»). Real-time ECG analysis allowed individual correction of the rehabilitation load.

**RESULTS AND DISCUSSION.** ECG changes were analyzed in subgroups of patients taking into account the pathogenetic subtype of IS according to TOAST. The high comorbidity of patients with IS according to the cardiac profile was confirmed (arterial hypertension — 64.1 %, dislipidemia — 68.3 %, obesity — 41.6 %, ischemic heart disease — 15 %). There were clinically significant ECG changes: ventricular extrasystole in RVP — in 11.7 % of cases, PVP — in 8.3 %; atrial fibrillation in RVP — in 16.7 %, in PVP — in 10 % of patients, conduction abnormalities — in 15 % and 11.7 % cases, respectively. Most ECG abnormalities were clinically asymptomatic. Most of the patients had marked abnormalities of cardiac activity regulation, also clinically asymptomatic. Individual correction of the motor rehabilitation program in patients with clinically significant ECG changes allowed to fully complete the medical rehabilitation course in patients with IS.

**CONCLUSION.** The use of remote TMT in assessing cardiac safety in patients after IS provides a personalized approach and allows for a reliable assessment of cardiac risks, including in comorbid patients, which expands the prospects and possibilities of their rehabilitation.

**KEYWORDS:** cardiac safety, ischemic stroke, telemedicine, medical rehabilitation, comorbidity, electrocardiography, cardiac arrhythmias.

**For citation:** Pogonchenkova I.V., Kostenko E.V., Petrova L.V., Neprintseva N.V. ECG telemonitoring of Cardiac Risks in Medical Rehabilitation of Stroke Patients: Controlled Study in Parallel Groups. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 52-65. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-52-65> (In Russ.).

**\*For correspondence:** Liudmila V. Petrova, E-mail: [mnpdsm-f7@zdrav.mos.ru](mailto:mnpdsm-f7@zdrav.mos.ru);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

**Received:** 20.02.2023

**Revised:** 23.03.2023

**Accepted:** 20.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасности при проведении медицинской реабилитации (МР) является одним из основных условий ее качества и эффективности. Пациенты, перенесшие церебральный инсульт (ЦИ) и нуждающиеся в медицинской реабилитации (МР), сохраняют высокую вероятность развития неблагоприятных кардио- и цереброваскулярных событий. Нарушения вегетативной регуляции работы сердца после ЦИ потенцируют развитие нарушений ритма, систолическую и диастолическую дисфункцию левого желудочка, повышение риска внезапной смерти. В структуре смертности пациентов с ЦИ в течение первого месяца заболевания лидирует острая церебральная патоло-

гия, в более поздний период на первый план выходит декомпенсация сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) [1]. Наиболее распространенная модель пациента с ЦИ — это пациент с высокими грациями сердечно-сосудистого риска, наличием одного или более ССЗ и ассоциированной с ним коморбидной патологией (ишемическая болезнь сердца (ИБС), артериальная гипертензия (АГ), хроническая сердечная недостаточность, сахарный диабет, дислипидемия, неалкогольная жировая болезнь печени и др.) [2]. Обеспечение контроля безопасности МР пациентов с ЦИ во многом определяет саму возможность проведения двигательной реабилитации. Появление инновационных решений в сфере МР открывает новые перспективы

для решения вопроса кардиобезопасности. Тщательный контроль процесса МР у пациентов, перенесших ЦИ, с использованием современных высокотехнологичных методов и цифровых технологий, позволяет избежать осложнений и нежелательных реакций, максимально реализовать реабилитационный потенциал (РП) пациента без опасности усугубления имеющихся функциональных нарушений и реализации кардиоваскулярных рисков<sup>1</sup>. Персонализированный подход к восстановлению пациента после ЦИ сегодня — это индивидуальный подбор реабилитационной программы с мониторингом основных показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) и коррекцией интенсивности физической нагрузки в зависимости от динамики контролируемых показателей [2–5].

Ишемический инсульт (ИИ) выявляется в 4–5 раз чаще, чем геморрагический — до 70 % и более, по данным разных авторов [6–7]. Патогенетическая классификация ишемического инсульта TOAST (Trial of Org in Acute Stroke Treatment, Adams H.P., 1993) позволила разработать дифференцированный подход к методам профилактики и лечения данного клинического состояния с учетом различных механизмов формирования и особенностей клинического течения каждого из пяти подтипов.

Одной из основных тенденций развития мирового здравоохранения в XXI веке является активное использование информационно-коммуникативных и телемедицинских технологий (ТМТ). Концепция развития электронного здравоохранения (e-Health), принятая ВОЗ в 2005 году, предопределила появление и активное внедрение телемедицинских проектов в системе здравоохранения различных стран мира, в том числе в Российской Федерации [8].

В 67 % субъектов Российской Федерации за последние несколько лет были успешно реализованы телемедицинские проекты и информационные системы, такие как Единая государственная информационная система в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ), Телемедицинская информационная система (ТМИС), электронная медицинская карта (ЭМК)<sup>2,3</sup>. Благодаря проекту «Электронное здравоохранение» количество российских медицинских организаций, использующих в своей работе современные информационные технологии, достигло к 2019 году 69 %<sup>4</sup>.

Одним из направлений развития ТМТ является телемедицинская реабилитация (ТМР), использующая современные средства дистанционного наблюдения за пациентом и его жизненными параметрами во время проведения МР. Системы удаленного мониторинга могут обеспечить контроль таких показателей здоровья пациента, как частота дыхания, сатурация крови кислородом, частота сердечных сокращений (ЧСС) и ритм сердца, уровень гликемии, артериального давления

(АД), и параметров электрокардиограммы (ЭКГ). Кроме того, возможна оценка двигательной активности пациента, периодов сна/бодрствования, параметров окружающей внешней среды. Совокупность этих данных позволяет дистанционно и с достаточно высокой точностью определить клинический, вегетативный и психоэмоциональный статус пациента, что необходимо для принятия решения о видах, режиме, интенсивности МР и ее коррекции в процессе проведения реабилитационного вмешательства.

Техническим решением удаленного мониторинга является использование устройств-сенсоров, локализующихся на поверхности тела пациента и адаптированных под стандартные бытовые приборы и аксессуары: часы, браслеты, пояса, детали одежды. Также при ТМР используются приложения для мобильных телефонов и видеоконсультации специалистов мультидисциплинарной реабилитационной команды (МДРК) для предоставления удаленных консультативных услуг [10]. Отдельным разделом ТМР является телекардиореабилитация, использующая телекоммуникационные технологии для реализации дистанционных методов МР пациентов с ССЗ [11].

Мероприятия ТМР являются медико-экономически оправданными, позволяя охватить большое количество пациентов при ограниченном количестве специалистов сферы реабилитации, сократить потребность в госпитализации и амбулаторных визитах без потери эффективности и точности передачи цифровых данных и без развития серьезных нежелательных сердечно-сосудистых событий в процессе проведения МР [12–14].

Совокупность средств и технологий ТМР и телекардиореабилитации применительно к пациентам после ЦИ позволяет осуществить тщательный контроль кардиоваскулярных рисков при прохождении ими МР. Доказана взаимосвязь между патологией ЦНС и острой кардиоваскулярной патологией, включая жизнеугрожающие желудочковые аритмии и внезапную коронарную смерть [15]. Важным аспектом контроля кардиобезопасности является возможность наблюдения за пациентом в режиме реального времени, непосредственно во время физической нагрузки [12].

Существует ограниченное количество научных исследований о применении непрерывного или интермиттирующего ЭКГ-мониторинга у пациентов, проходящих МР, в процессе их занятий лечебной физкультурой (ЛФК). Во всех работах подчеркивается обеспечение безопасности физических упражнений и возможность персонального дозирования физической нагрузки как основной положительный аспект телемониторинга [16–21].

Все вышеперечисленное подтверждает актуальность мониторинга ЭКГ у пациентов, перенесших ЦИ, во время прохождения ими МР.

<sup>1</sup>Приказ Минздрава России от 31.02.2020 № 788н «Об утверждении Порядка организации медицинской реабилитации взрослых». Редакция от 31.07.2020. <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=372352&sysclid=19ruwq17rq609510957> (04.05.2023).

<sup>2</sup>Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20.10.2010 № 1815-п «О государственной программе Российской Федерации «Информационное общество (2011–2020 годы)». <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/99708/> (04.05.2023).

<sup>3</sup>Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных». [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_61801/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/) (04.05.2023).

<sup>4</sup>Постановление Правительства РФ от 28.11.2011 N 977 (ред. от 24.06.2021) «О федеральной государственной информационной системе «Единая система идентификации и аутентификации в инфраструктуре, обеспечивающей информационно-технологическое взаимодействие информационных систем, используемых для предоставления государственных и муниципальных услуг в электронной форме» (вместе с Требованиями к федеральной государственной информационной системе «Единая система идентификации и аутентификации в инфраструктуре, обеспечивающей информационно-технологическое взаимодействие информационных систем, используемых для предоставления государственных и муниципальных услуг в электронной форме»). [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_122455/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122455/) (04.05.2023).

**ЦЕЛЬ**

Изучить возможности оценки и коррекции кардиальных рисков посредством ЭКГ-телемониторинга при комплексной реабилитации пациентов в раннем и позднем восстановительном периоде ишемического церебрального инсульта.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследование было включено 120 пациентов в раннем ( $n = 60$ ) и позднем ( $n = 60$ ) восстановительном периоде (ВП) ишемического инсульта (ИИ), подтвержденного методами нейровизуализации, в возрасте от 45 до 75 лет, средним возрастом 55 [51; 57] лет. Средняя давность перенесенного инсульта составила  $99,3 \pm 30,9$  дня для пациентов в раннем ВП (РВП) и  $267,7 \pm 27,8$  дня — в позднем ВП (ПВП). Количество правополушарных и левополушарных инсультов в двух группах было сравнимым (45 % — в правом полушарии, 55 % — в левом полушарии).

Пациенты отбирались и принимали участие в исследовании в соответствии с критериями включения/исключения/исключения (табл. 1). Все пациенты, включенные в исследование, подписали информированное согласие. Все пациенты получали медикаментозную терапию основного заболевания и сопутствующей патологии. Методом блочной рандомизации пациенты РВП и ПВП были распределены в 2 группы — основную (ОГ) и контрольную (КГ), которые не различались между собой по демографическим и клиническим показателям (табл. 2).

Всем пациентам ОГ проводилась комплексная программа МР с мультимодальным воздействием на развившиеся вследствие ИИ двигательные и когнитивные нарушения, с учетом имеющейся коморбидной патологии. Для формирования двигательных навыков и нового функционально адаптированного двигательного стереотипа применялось мультимодальное реабилитационное вмешательство с использованием инновационных методов и технических решений, основанных на принципе биологической обратной связи (БОС): компьютерный стабилотренинг с БОС, локомоторный тренинг с функциональной электрической стимуляцией (ФЭС) и тренинг при двигательной дисфункции верхней конечности с использованием интерфейса «мозг-компьютер».

Пациентам КГ проводилась комплексная МР с использованием методов, регламентированных Стандартами оказания медицинской помощи: кинезиотерапия, физиолечение, массаж конечностей.

МР проводили в течение 2–3 часов, 3 раза в неделю, 15 занятий, 6 недель. Продолжительность каждой применяемой методики составляла 20–30 минут с последующим 15–20-минутным отдыхом. Продолжительность и интенсивность занятий, время перерывов на отдых были индивидуальными и соответствовали функциональному статусу пациента.

С целью ЭКГ-телемониторинга для контроля кардиальных рисков и возможной коррекции интенсивности тренирующих нагрузок в зависимости от динамики параметров ЭКГ использовали портативный телекардиокомплекс (ECG Dongle — «кардиофлешка», ЗАО «Нордавинд», Россия). Его применение во время и после сеансов двигательной реабилитации позволяло в режиме реального времени оценить ЭКГ в шести стандартных отведениях,

осуществить контроль ЧСС в ходе занятий и определить вариабельности сердечного ритма (BCP). Данные о пациенте транслировались через мобильное приложение, сохранялись в облачном сервисе «КардиоОблако» и в дальнейшем использовались для анализа и оценки динамики в процессе МР. При оценке ЭКГ синусовой тахикардией считалась ЧСС более 100 ударов в минуту, брадикардией — менее 55 ударов в минуту, удлинением интервала QT более 0,44 секунд, элевация сегмента ST считалась клинически значимой при амплитуде 2 мм и более, депрессия сегмента ST — 1 мм и более.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программы MS Excel и пакета прикладных программ Statistica 12.6 для Windows. Для оценки достоверности различий между группами больных проведен анализ распределения значений переменных. Вид распределения данных определен при помощи критерия Колмогорова — Смирнова. Центральная тенденция для нормально распределенных количественных данных описана с помощью медианы; описания меры рассеяния — при помощи 1-го и 3-го квартиля. Сравнение зависимых групп определялось с использованием t-критерия Стьюдента для зависимых выборок. Статистическая достоверность присваивалась на уровне значимости  $p \leq 0,05$ . Статистически значимым считался результат, при котором вероятность отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий не превышала 5 % ( $p < 0,05$ ).

Исследование спланировано и выполнено научными сотрудниками и клиническими специалистами МДРК (реабилитолог, невролог, кардиолог, психолог) Филиала № 7 ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы», одобрено ЛЭК ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ 17.03.2022, протокол 31/2.

**РЕЗУЛЬТАТЫ*****Патогенетические подтипы ишемического инсульта по TOAST***

Анализ распределения по патогенетическим подтипам ИИ по TOAST показал, что: атеротромботический подтип был выявлен в 45 % ( $n = 27$ ) случаев у пациентов РВП и в 46,5 % ( $n = 28$ ) случаев у пациентов ПВП; кардиоэмболический инсульт диагностирован в 23,3 % ( $n = 14$ ) случаев в РВП и в 23,3 % ( $n = 14$ ) в ПВП, неуточненной этиологии — у 11 пациентов (18,3 %) РВП и ПВП; лакунарный подтип — у 8 (13,3 %) и 7 (11,6 %) пациентов соответственно (рис. 1). Достоверных различий по количеству пациентов в подгруппах по патогенетическим подтипам ИИ между группами РВП и ПВП не наблюдалось.

***Сопутствующая патология***

Для подтверждения значимости обеспечения контроля кардиобезопасности в процессе МР у пациентов после ИИ был оценен спектр имеющейся у них коморбидной патологии. Самым частым сопутствующим состоянием была дислипидемия — 68,3 % ( $n = 82$ ) пациентов (39 мужчин и 43 женщин). Следующей по частоте выявлена АГ — 64,1 % ( $n = 77$ ) от всех обследованных пациентов (36 мужчин и 41 женщина). У 15 % ( $n = 18$ ) пациентов определена ИБС с нарушениями ритма сердца (10 мужчин и

**Таблица 1.** Критерии включения, невключения и исключения из исследования  
**Table 1.** Inclusion, non-inclusion and exclusion criteria of the study

<b>Критерии включения / Inclusion criteria</b>	<p>Возраст 45–75 лет / Age 45–75 years</p> <p>Ишемический инсульт, подтвержденный МСКТ / MPT / Ischemic stroke confirmed by MSCT / MRI</p> <p>Ранний восстановительный период (1–6 месяцев после инсульта) / Early recovery period (1–6 months after stroke)</p> <p>Поздний восстановительный период (6–12 месяцев после инсульта) / Late recovery period (6–12 months after stroke) SpO<sub>2</sub> — 95–99 %</p> <p>Спастический парез верхней и нижней конечности от легкой до умеренной степени* / Spastic paresis of the upper and lower extremities (mild to moderate degree)</p> <p>Отсутствие выраженных когнитивных и эмоциональных нарушений** / No severe cognitive and emotional disorders</p> <p>Показатели ортостатической пробы — учащение ЧСС на 30 уд. в мин не более 5 мин, подъем САД &lt; 20 мм Hg, ДАД &lt; 10–20 мм Hg / Indicators of the orthostatic test — increased heart rate by 30 beats per minute no more than 5 minutes, increased systolic blood pressure &lt; 20 mm Hg, increased diastolic blood pressure &lt; 10–20 mm Hg</p> <p>Подписанное информированное согласие / Signed informed consent</p>
<b>Критерии невключения / Non-inclusion criteria</b>	<p>Леворукость, по данным Эдинбургского опросника мануальной асимметрии / Left-handedness according to the Edinburgh Manual Asymmetry Questionnaire</p> <p>Эпилепсия или эписиндром / Epilepsy or episynndrome</p> <p>Выраженные аффективные расстройства (11 и более баллов в подшкалах «тревога» и «депрессия» HADS) / Severe affective disorders (11 or more points in the “anxiety” and “depression” subscales of HADS)</p> <p>Сенсорная афазия / Sensory aphasia</p> <p>Грубая моторная афазия*** / Gross motor aphasia***</p> <p>Нарушения зрения, не позволяющие различать инструкцию на экране / Visual impairments that do not allow you to distinguish the instructions on the screen</p> <p>Декомпенсация соматической патологии / Decompensation of somatic pathology</p> <p>Искусственный водитель ритма / Artificial Rhythm driver</p> <p>Пароксизмальная форма фибрилляции предсердий / Paroxysmal atrial fibrillation</p> <p>Тромбоз глубоких вен нижних конечностей / Deep vein thrombosis of the lower extremities</p> <p>Уровень калия в крови менее 3,5 ммоль/л / The blood potassium level is less than 3.5 mmol / l</p> <p>Стеноз брахиоцефальных артерий более 70 % / Brachiocephalic artery stenosis more than 70 %</p> <p>Отказ пациента от участия в исследовании / Patient’s refusal to participate in the study</p>
<b>Критерии исключения / Exclusion criteria</b>	<p>Серьезные нежелательные явления в процессе исследования / Serious adverse events</p> <p>Декомпенсация соматической патологии / Decompensation of somatic pathology</p> <p>Отзыв информированного согласия / Withdrawal of informed consent</p> <p>Несоблюдение пациентом процедур и визитов исследования / Patient’s non-compliance with procedures and study visits</p>

**Примечание / Note.** МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография / Multispiral computer tomography; МРТ — магнитно-резонансная томография / MRI-Magnetic Resonance Imaging; модифицированная шкала Ashworth (MAS) — от 0 до 2 баллов; шкала Комитета клинических исследований (MRC) — от 2 до 4 баллов / modified Ashworth scale (MAS) — from 0 to 2 points; the scale of the Clinical Research Committee (MRC) — from 2 to 4 points. \*\* — Монреальская когнитивная шкала (MoCA) — 20 баллов и более, госпитальная шкала тревоги и депрессии (HADS) — показатель подшкал «тревога» и «депрессия» менее 11 баллов / The Montreal Cognitive Scale (MoCA) is 20 points or more, the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) is an indicator of the “anxiety” and “depression” subscales of less than 11 points. \*\*\* — коммуникационная шкала Гудгласса — Каплана — 3 балла и выше / Goodglass-Kaplan communication scale — 3 points and above.

8 женщин). Инфаркт миокарда перенесли 15 % (n = 18) пациентов (11 мужчин, 7 женщин). Сахарным диабетом страдали 26,7 % (n = 32) пациентов. Индекс массы тела (ИМТ) 30–40 кг/м<sup>2</sup> выявлен у 41,6 % (n = 50) пациентов. Таким образом, были подтверждены литературные данные о высокой коморбидности пациентов с ИИ по классу ССЗ и ассоциированных с ней состояний [22–24].

**Нарушение вегетативной регуляции сердца**

Для оценки ВСР применяется индекс напряжения регуляторных систем, или индекс Баевского (ИБ).

Данный показатель представляет собой расчетный индекс адаптационного потенциала ССС и определяет функциональное состояние пациента. Он показывает степень централизации в управлении сердечным ритмом. Нормой ИБ выступает значение от 50 до 150. Градация трактования ИБ следующая: ниже 260 — удовлетворительная адаптация; 260–309 — напряжение механизмов адаптации; 310–350 — неудовлетворительная адаптация; выше 350 — срыв адаптации, значительные нарушения регуляторных механизмов, возможное предынфарктное состояние [25].

ПОГОНЧЕНКОВА И.В. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**Таблица 2.** Спектр выявленных нарушений при ЭКГ-телемониторинге пациентов с различными подтипами ишемического инсульта (n пациентов / % от подгруппы)**Table 2.** Detected ECG telemonitoring disorders in patients with various subtypes of ischemic stroke (n patients / % of the subgroup)

Нарушения ритма / Cardiac arrhythmia	Атеротромботический ИИ / Large-artery atherosclerosis stroke		Кардиоэмболический ИИ / Cardioembolism		Неуточненной этиологии ИИ / Cryptogenic stroke		Лакунарный ИИ / Lacunar stroke	
	Ранний ВП / Early recovery period	Поздний ВП / Late recovery period	Ранний ВП / Early recovery period	Поздний ВП / Late recovery period	Ранний ВП / Early recovery period	Поздний ВП / Late recovery period	Ранний ВП / Early recovery period	Поздний ВП / Late recovery period
<b>ЖЭС / Ventricular extrasystole</b>	4 / 13,3 %	—	2 / 6,7 %	2 / 6,7 %	1 / 3,33 %	2 / 6,7 %	—	1 / 3,33 %
<b>Синусовая тахи/ брадикардия / Sinus tachy/ bradycardia</b>	4 / 13,3 %	2 / 6,7 %	—	—	4 / 13,3 %	2 / 6,7 %	2 / 6,7 %	1 / 3,33 %
<b>НЖЭС / Supraventricular extrasystole</b>	2 / 6,7 %	—	2 / 6,7 %	1 / 3,33 %	—	1 / 3,33 %	—	—
<b>ФП / Atrial fibrillation</b>	1 / 3,33 %	—	4 / 13,3 %	4 / 13,3 %	—	—	—	—
<b>Блокады / Blockades</b>	6 / 20,0 %	3 / 10 %	7 / 23,3 %	3 / 10 %	1 / 3,33 %	—	1 / 3,33 %	1 / 3,33 %
<b>Удлинение QT / Prolongation of the QT interval</b>	2 / 6,7 %	1 / 3,33 %	1 / 3,33 %	1 / 3,33 %	1 / 3,33 %	—	—	—

**Примечание / Note.** % — процент выявления в подгруппе РВП или ПВП / percentage of detection in the ERP or LRP subgroup; ЖЭС — желудочковая экстрасистолия / Ventricular extrasystole; НЖЭС — наджелудочковая экстрасистолия / Supraventricular extrasystole; ФП — фибрилляция предсердий / Atrial fibrillation.

Анализ динамики ИБ позволяет оценить вегетативный контроль сердечной деятельности, функциональное состояние организма и служить прогностическим фактором кардиоваскулярных рисков МР.

Суммарная градация показателей ИБ оказалась следующей (в порядке убывания): нормальные показатели ИБ регистрировались в 33,3 % (n = 40) случаев, срыв адаптации — 28,3 % (n = 34), удовлетворительная адаптация — 21,7 % (n = 26), напряжение механизмов адаптации — 14,2 % (n = 17), неудовлетворительная адаптация — 2,5 % (n = 3) — рис. 2. Разброс диапазона ИБ у пациентов РВП и ПВП представлен в табл. 3, значимых межгрупповых различий не было. Таким образом, у большей части пациентов имелись выраженные нарушения регуляции сердечной деятельности без клинических проявлений и субъективных жалоб.

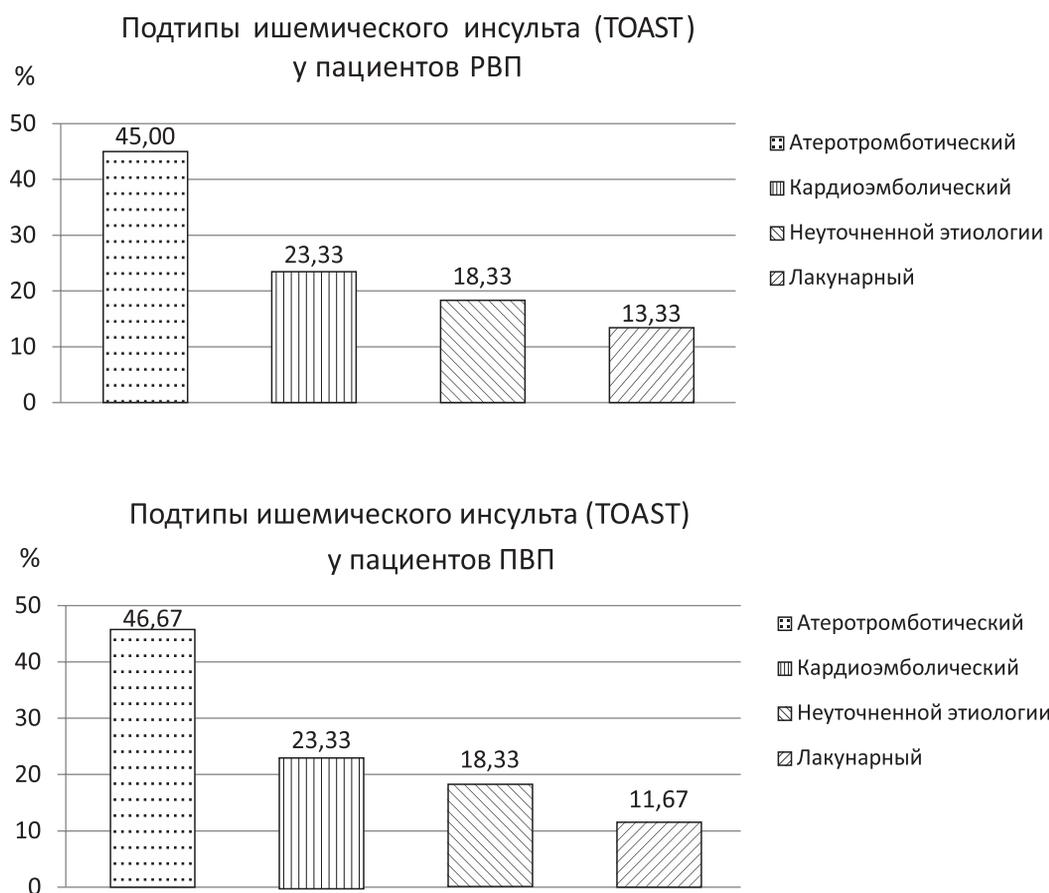
#### **Показатели ЭКГ у пациентов после ишемического инсульта в процессе реабилитации**

Всем пациентам перед прохождением курса комплексной МР выполнялась ЭКГ в 12 стандартных отведениях с последующим анализом и оценкой ЧСС, поло-

жения электрической оси, ритма сердца, функции проводимости, очаговых изменений миокарда и изменений сегмента ST-T. Выявленные изменения анализировались в проекции на давность и патогенетический подтип ИИ с учетом особенностей развития патологии миокарда в раннем и позднем ВП инсульта, а также разного профиля сердечно-сосудистой коморбидности у пациентов с различными подтипами ИИ [25], каждая подгруппа была оценена отдельно.

#### **Желудочковая экстрасистолия**

Желудочковая экстрасистолия (ЖЭС) — потенциально наиболее опасное нарушение сердечного ритма. Определенные виды желудочковых аритмий, относящиеся к высоким грациям по В. Lown, М. Wolf (1975), являются угрожающими в плане развития пароксизмальных вентрикулярных тахикардий с исходом в фибрилляцию желудочков и тесно ассоциированы с высоким риском внезапной сердечной смерти. Также известна тенденция к возможному увеличению количества частоты возникновения желудочковых аритмий на фоне физической нагрузки у пациентов с кардиоваскулярной патологией



**Рис. 1.** Распределение пациентов раннего и позднего восстановительного периодов по патогенетическим подтипам ИИ (TOAST)

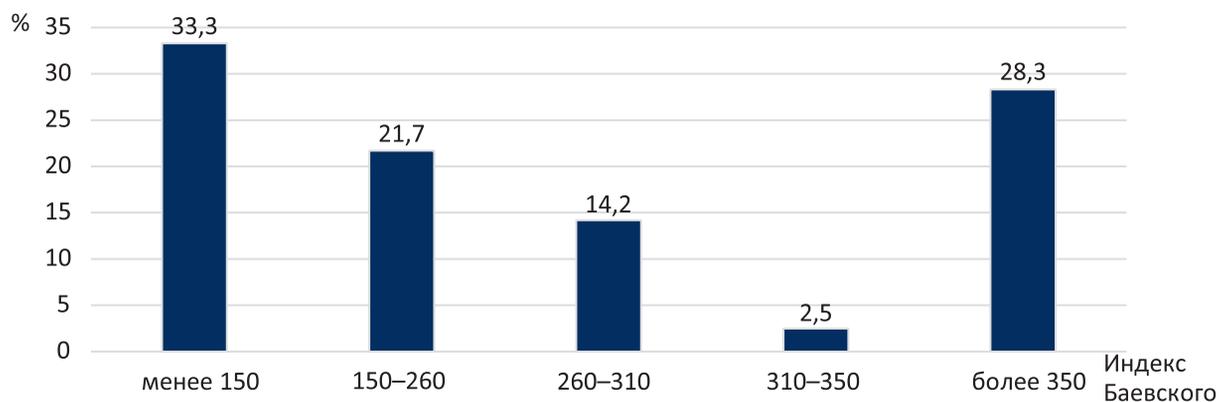
**Fig. 1.** Pathogenetic subtypes of ischemic stroke distribution in patients of early and late recovery periods (by TOAST)

**Примечание / Note.** ИИ — ишемический инсульт / ischemic stroke; РВП — ранний восстановительный период / Early recovery period; ПВП — поздний восстановительный период / late recovery period.

[26–28]. Поэтому одними из основных задач исследования были оценка и анализ желудочковой эктопической активности у пациентов после перенесенного ИИ, проходящих курс двигательной реабилитации.

У пациентов с РВП инсульта ЖЭС выявлена в 11,7% (n = 7) случаев, и у пяти пациентов соответствовала 1-му классу, у двух — 2-му классу (B. Lown, M. Wolf, M. Ryan). При анализе подтипов ИИ по TOAST в четырех случаях ЖЭС зафиксированы у пациентов с атеротромботиче-

ским вариантом, в двух случаях — с кардиоэмболическим вариантом и у одного пациента — с ИИ неуточненной этиологии. У пациентов в группе ПВП желудочковая экстрасистолия зарегистрирована у пяти пациентов, во всех случаях была 1-го класса по Лауну — Вольфу и отмечена при кардиоэмболическом (2), лакунарном (2) и неуточненной этиологии (1) подтипе ИИ (рис. 3). Градация имеющихся желудочковых аритмий не являлась противопоказанием для проведения МР ни у одного пациента.



**Рис. 2.** Распределение пациентов по значениям индекса Баевского (%)

**Fig. 2.** Patients distribution by the Bayevsky index (%)

**Таблица 3.** Стратификация факторов риска, согласно индексу Баевского, при ЭКГ-телемониторинге (n пациентов/ % от группы)**Table 3.** Stratification of risk factors according to the Bayevsky index in ECG telemonitoring (n patients/ % of the group)

Индекс Баевского / Bayevsky Index	Ранний восстановительный период / Early recovery period n = 60		Поздний восстановительный период / Late recovery period n = 60	
	ОГ / MG n = 30	КГ / CG n = 30	ОГ / MG n = 30	КГ / CG n = 30
Норма менее 150 / Normal less 150	10 / 16,7 %	10 / 16,7 %	10 / 16,7 %	10 / 16,7 %
151–259	6 / 10,0 %	7 / 11,7 %	7 / 11,7 %	6 / 10,0 %
260–309	4 / 6,7 %	4 / 6,7 %	5 / 8,3 %	4 / 6,7 %
310–349	2 / 3,3 %	–	1 / 1,7 %	–
Выше 350 / Up 350	8 / 13,3 %	9 / 15 %	7 / 11,7 %	10 / 16,7 %

**Примечание.** ОГ — основная группа; КГ — контрольная группа.

**Note.** MG — main group; CG — control group.

В процессе проведения реабилитационных мероприятий у трех пациентов в РВП регистрировалась ЖЭС 1-го класса по Лауну — Вольфу (на третьей и четвертой процедурах). Уменьшение интенсивности и кратности проводимых реабилитационных мероприятий и увеличение периода отдыха между ними до 30 минут привели к регрессу нарушений ритма; в дальнейшем ЖЭС у пациентов зафиксировано не было. В позднем восстановительном периоде ЖЭС была отмечена у 4 пациентов, соответствовала 1-му классу по Лауну — Вольфу и выявлялась у больных с атеротромботическим и неуточненной этиологии подтипом инсульта на 3-й и 6-й реабилитационной процедуре соответственно. В всех случаях коррекция интенсивности нагрузки позволила устранить данные изменения ЭКГ.

#### **Синусовая тахи/брадикардия и наджелудочковые нарушения ритма**

Синусовая тахи- и брадикардия, а также наджелудочковая экстрасистолия (НЖЭС) не являются противопоказаниями к реабилитационным мероприятиям и не расцениваются как клинически и гемодинамически значимые события (кроме пароксизмальных форм), однако создают субъективные проблемы в самочувствии пациента. Кроме того, их манифестация во время занятий по двигательной реабилитации является одним из маркеров патологической реакции на физическую нагрузку.

У пациентов в РВП синусовая тахикардия зафиксирована в 16,7% случаев (n = 10): у четырех пациентов с атеротромботическим подтипом, четырех пациентов с подтипом неуточненной этиологии и двух пациентов с лакунарным инсультом. Синусовая брадикардия в РВП зарегистрирована в шести случаях (10%): у двух пациентов (3,33%) с атеротромботическим, двух (3,33%) — с неуточненной этиологией и двух (3,33%) — с лакунарным патогенетическим подтипом ИИ. В ПВП синусовая тахикардия определена только у пяти пациентов (8,33%)

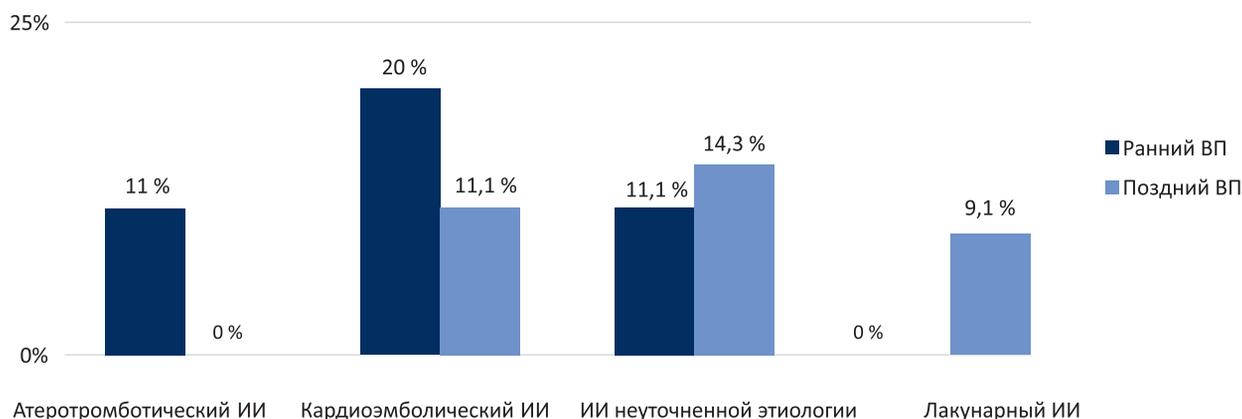
с разными патогенетическими подтипами ИИ — атеротромботическим, неуточненной этиологии и лакунарным; случаев синусовой брадикардии отмечено не было.

В процессе реабилитации пациентов в РВП инсульта у семи человек зафиксированы наджелудочковые нарушения ритма: у пациентов с атеротромботическим подтипом в двух случаях (6,7%) — синусовая тахикардия на 3-й процедуре, в двух случаях (6,7%) — предсердная экстрасистолия на пятой процедуре. При кардиоэмболическом варианте инсульта у пяти пациентов (8,33%) на 4-й процедуре выявлена частая суправентрикулярная экстрасистолия. У пациентов с неуточненной этиологией ИИ в трех случаях (5%) на 3-й, 4-й и 5-й процедурах регистрировалась синусовая тахикардия. Один пациент с НЖЭС отказался от дальнейшего выполнения занятий и наблюдался у кардиолога, у всех остальных пациентов на фоне коррекции программы реабилитации (уменьшение интенсивности нагрузки, увеличение периода отдыха) нарушения были скорректированы и не возобновлялись.

Особыми категориями суправентрикулярных аритмий являются фибрилляция (ФП) и трепетания предсердий при отсутствии профилактики в виде приема антикоагулянта, определяющие высокий риск развития кардиоэмболического ИИ. У пациентов в РВП инсульта данное нарушение ритма выявлено в семи случаях, в подавляющем большинстве (шести случаях) — в группе кардиоэмболического подтипа инсульта по TOAST (42,9% от всех пациентов с данным вариантом ИИ); в одном случае ФП диагностирована у пациента с атеротромботическим подтипом ИИ. В группе ПВП инсульта ФП выявлена у четырех пациентов, все с кардиоэмболическим вариантом (28,6% среди пациентов с данным подтипом). В процессе проведения МР новых ФП зарегистрировано не было.

#### **Нарушения проводимости**

У пациентов — как РВП, так и ПВП — инсульта в процессе ЭКГ-телеметрии на фоне реабилитационного про-



**Рис. 3.** Количество желудочковых экстрасистол в различные периоды ИИ в зависимости от патогенетического подтипа (% в подгруппе)

**Fig. 3.** The number of ventricular extrasystoles in different periods of ischemic stroke, depending on the pathogenetic subtype (% in the subgroup)

**Примечание / Note.** ИИ — ишемический инсульт / ischemic stroke; ВП — восстановительный период / recovery period.

цесса зафиксированы нарушения проводимости сердечного импульса. Они не носили клинически значимого характера и не требовали коррекции реабилитационной программы, однако диктовали необходимость более тщательного ЭКГ-мониторинга ввиду потенциальной опасности развития более тяжелых блокад.

У пациентов с РВП нарушения проводимости выявлены у 15 % (n = 9) пациентов и проявлялись атриовентрикулярной блокадой 1-й степени (n = 2), блокадой правой или левой ножки пучка Гиса (n = 3) и удлинением интервала QT (n = 4). Блокады ножек пучка Гиса в большей степени приходились на пациентов с кардиоэмболическим подтипом ИИ по TOAST (n = 7; 50 % от количества пациентов с данным подтипом) и на атеротромботический вариант (n = 6; 22,2 % в подтипе). Замедление А/В-проводимости и удлинение QT распределились среди пациентов с атеротромботическим, кардиоэмболическим и неуточненной этиологии вариантами ИИ.

У пациентов с ПВП инсульта неполная блокада ножек пучка Гиса регистрировалась в 11,6 % (n = 7) случаев, из них в трех случаях — при атеротромботическом, в трех случаях — при кардиоэмболическом и у одного пациента — с лакунарным подтипом ИИ. Нарушения проводимости в виде замедления А/В-проводимости и удлиненного интервала QT отмечены у двух пациентов с атеротромботическим вариантом (7,4 % в подгруппе) и у двух пациентов с кардиоэмболическим вариантом ИИ (21,4 % в подгруппе).

#### Другие изменения ЭКГ

У ряда пациентов в раннем и позднем ВП определялись качественные и количественные ЭКГ-признаки увеличения размеров левого желудочка: у 26 пациентов в раннем ВП (43,3 %) в подгруппах всех подтипов инсульта, в большей степени при атеротромботическом подтипе (n = 13; 21,7 %). При проведении корреляционного анализа выявлена статистически значимая связь между частотой гипертрофии миокарда и АГ в данной подгруппе (r = 0,7; p < 0,05). У пациентов ПВП ЭКГ-признаки гипертрофии левого желудочка отмечены 41,7 % случаях (n = 25), чаще при атеротромботическом подтипе (n = 15; 53,7 % от подгруппы,

25 % от группы). В дальнейшем наличие гипертрофии левого желудочка и других признаков «гипертонического сердца» у всех пациентов подтверждалось данными ЭКГ.

Кроме того, у ряда пациентов зафиксированы изменения конечной части желудочкового комплекса. В группе РВП инсульта было 10 % (n = 6) таких пациентов, в группе ПВП — 5 % (n = 4). Каждый случай выявления смещения сегмента ST ниже изоэлектрической линии или патологических изменений зубца Т рассматривался индивидуально, с оценкой динамики выявленных отклонений, при необходимости — с привлечением кардиолога и проведением дополнительных исследований (табл. 2).

#### Изменения variability сердечного ритма при МР

При проведении реабилитационных мероприятий наблюдались следующие изменения адаптационных резервов ССС (табл. 4).

В ОГ и КГ в РВП и ПВП у пациентов с высокими индексами стратификации рисков (ИБ ≥ 350) наблюдалось статистически значимое снижение показателей ВСР (p < 0,05), что свидетельствовало о стабилизации вегетативной регуляции сердечного ритма. Аналогичная тенденция прослеживалась среди пациентов с удовлетворительной адаптацией, согласно ИБ (статистически незначимо; p > 0,05). Напротив, в остальных группах распределения ИБ отмечался рост показателей: в группе пациентов с нормальными показателями ИБ рост достигал степени адаптационного напряжения. В группах пациентов с неудовлетворительной адаптацией и напряжением адаптационных возможностей выявлено повышение показателя ИБ. При этом клинически значимого ухудшения соматического состояния пациента, появления жалоб кардиологического характера у пациентов ОГ и КГ обоих периодов не отмечено.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, в РВП различные изменения параметров ЭКГ зафиксированы у 37 пациентов (61,7 %). При этом достоверно чаще, чем в ПВП, отмечались желудочковые аритмии, ФП и блокады проведения импульса в виде

нарушения А/В-проводимости и блокады ножек пучка Гиса, что соответствует данным литературы [26, 28]. При анализе распределения нарушений параметров ЭКГ среди подгрупп пациентов с различными патогенетическими вариантами ИИ выявлено, что среднее количество ЭКГ-изменений на одного пациента при атеротромботическом варианте — 1,6; при неуточненной этиологии — 1,7; кардиоэмболическом — 2,1 и при лакунарном ИИ — 0,8.

У пациентов в группе ПВП инсульта ЭКГ-изменения выявлены в 55 % случаев. Синусовая тахи- и брадикардия, НЖЭС и удлинение интервала QT фиксировались достоверно ( $p < 0,001$ ) реже, чем в первой группе. Также в ПВП отмечено достоверно меньшее ( $p < 0,001$ ) среднее число изменений показателей ЭКГ на одного пациента, составившее для подгруппы атеротромботического варианта инсульта 0,9; кардиоэмболического варианта — 1,5; неуточненной этиологии — 1,1 и лакунарного инсульта — 0,5.

При проведении реабилитационных мероприятий у всех пациентов с имеющимися исходно изменениями ЭКГ не было зафиксировано новых нарушений ритма, проводимости и динамических изменений сегмента S-T.

Нужно отметить, что при отсутствии клинической картины ухудшения состояния и электрофизиологических значимых отклонений по ЭКГ у пациентов наблюдалось напряжение адаптационных возможностей ССС как исходно, так и в процессе восстановительного лечения. При проведении МР наблюдалась положительная динамика ВРС в виде значимого уменьшения ИБ у пациентов с высокими рисками срыва адаптации. У пациентов остальных групп, напротив, отмечалось повышение ИБ до показателей неудовлетворительной адаптации. В этом — тренирующий эффект реабилитационных мероприятий при разных адаптационных реакциях. Используемый режим МР кратностью 3 раза в неделю позволяет рационально распределить нагрузку на кардиocereбральную систему и выработать оптимальный физиологический тренинг центральной нейрогенной васкулокардиорегуляции у пациентов с недавним инсультом, что связано с активацией процессов нейропластичности. В целом, вышеописанное подчеркивает несовершенство процессов центральной вегетативной регуляции у данной категории больных и необходимость мониторинга кардиоваскулярных рисков при проведении МР для своевременной коррекции индивидуального плана реабилитации.

Клиническая значимость зарегистрированных нарушений ЭКГ оценивалась индивидуально, с учетом их характера, субъективной переносимости, гемодинамического влияния, возраста и коморбидного фона пациента. У большинства пациентов своевременное выявление нарушений и их комплексная коррекция с оценкой медикаментозной терапии, снижением интенсивности и длительности физической нагрузки, увеличением периодов отдыха позволили завершить курс двигательной реабилитации и полностью реализовать их РП.

Современные технологии мультимодального воздействия на нарушенные вследствие инсульта двигательные функции, базирующиеся на принципах БОС с применением ФЭС, роботизированной механотерапии и нейроинтерфейса, позволяют максимально использовать возможности восстановления пациента и ускорить его бытовую и социальную реинтеграцию, исход и прогноз.

Наличие ограничений и относительных противопоказаний со стороны ССС необходимо учитывать в ходе МР, но их наличие не должно являться причиной для отмены без веских на то оснований. Персонализированный подход к оценке ЭКГ-нарушений, своевременная и комплексная их коррекция, тщательный мониторинг при проведении реабилитационных мероприятий позволяют пациентам, перенесшим ЦИ, избежать устойчивого нарушения двигательного стереотипа, который является основной причиной ограничения бытовой и социальной активности, а также потенциальным фактором риска новых сердечно-сосудистых событий [27–28].

Высокий индекс коморбидности у лиц, перенесших ЦИ, относит большинство из них в группу высокого кардиоваскулярного риска, что требует индивидуального подхода при составлении плана двигательной реабилитации данной категории пациентов в условиях обеспечения тщательного контроля безопасности при ее реализации, вне зависимости от периода заболевания.

Одним из ключевых аспектов обеспечения безопасности программы МР пациентов после инсульта явилось применение современных средств мониторинга параметров ЭКГ, основанных на ТМТ, с возможностью оценки изменений в режиме реального времени [21]. Инновационные технологические решения, входящие в арсенал современной телекардиореабилитации, позволяют выявить скрытые, «немые» и малосимптомные нарушения ритма и проводимости сердца, эпизоды безболевого ишемии миокарда, оценить ЭКГ в процессе и после физической нагрузки, соотнести динамику параметров ЭКГ с другими жизненно важными показателями [29]. Разработаны различные носимые устройства, позволяющие регистрировать ЭКГ на разных этапах реабилитации — как в стационаре, так и в амбулаторных и домашних условиях, — что расширяет возможности восстановления пациентов. Применение информационно-коммуникативных технологий, позволяющих сохранять и отображать ЭКГ-архив в ЭМК пациента, формировать базы данных в облачных хранилищах, информационно-аналитических системах и на веб-платформах, обеспечивает быстрый и удобный доступ специалистам МДРК к информации о пациенте, с возможностью постобработки и анализа данных.

Результаты проведенного нами исследования подтвердили возможность своевременного выявления скрытых и малосимптомных ЭКГ-изменений, а также их коррекции и контроля в процессе МР. Пациенты после ЦИ, независимо от его давности, при обследовании продемонстрировали высокую коморбидность и наличие разнообразного спектра аритмий и нарушений проводимости, а также низкие адаптационные возможности регуляции сердечной деятельности при проведении МР, что соотносится с данными литературы и потенциально патогенетически взаимосвязано с наличием ишемического повреждения головного мозга [24, 27–29].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из важнейших задач МР является обеспечение безопасности реабилитационных мероприятий, что неотъемлемо связано с оценкой кардиальных рисков и соотношения пользы / потенциального вреда от физических упражнений. Персонализированный подход к дозированию физической нагрузки с учетом индивиду-

**Таблица 4.** Динамика индекса Баевского  
**Table 4.** Dynamics of the Bayevsky index

Показатели ИБ / Bayevsky index	РВП / Early recovery period n = 60		p	ПВП / Late recovery period n = 60		p
	До МР / Before MR	После МР / After MR		До МР / Before MR	После МР / After MR	
Норма менее 150 / Normal less 150	95,8±37,6	158,2±104,6	0,57	103,7±35,6	154,4±46,6	0,62
151–259	201,1±39	188,5±110,2	0,94	200,6±42,3	178,1±88,6	0,81
260–309	278,1±18,2	298,2±220,6	0,92	265,6±22,4	287,3±105,8	0,91
310–349	334,0±11,7	376,2±110,1	0,7	312,5±23,8	348,6±112,2	0,72
Выше 350 / Up 350	1004,8±207,6	574,2±95,2	<b>0,049</b>	988,5±182,2	475,4±107,3	<b>0,016</b>
	ОГ n = 30			КГ n = 30		
	До МР / Before MR n / M+m	После MP / After MR n / M+m		До МР / Before MR n / M+m	После MP / After MR n / M+m	
Норма менее 150 / Normal less 150	n = 10 88,8±43,7	n = 10 150,1±108,8	p > 0,05	n = 10 100,6±33,8	n = 10 147,5±48,8	p > 0,05
151–259	n = 6 197,1±44,1	n = 6 190,5±114,2	p > 0,05	n = 7 190,6±46,4	n = 7 168,8±92,6	p > 0,05
260–309	n = 4 268,1±28,4	n = 4 309,2±246,4	p > 0,05	n = 5 268,6±20,2	n = 5 291,1±98,8	p > 0,05
310–349	n = 2 334,0±11,7	n = 2 376,2±110,1	p > 0,05	n = 1 312,5±23,8	n = 1 348,6±112,2	p > 0,05

**Примечание.** ИБ — индекс Баевского; РВП — ранний восстановительный период; ПВП — поздний восстановительный период; МР — медицинская реабилитация; ОГ — основная группа; КГ — контрольная группа.

**Note.** IB — Bayevsky index; РВП — early recovery period; ПВП — late recovery period; MR — medical rehabilitation; MG — main group; CG — control group.

ального функционального статуса пациента обеспечивает возможность реабилитационных вмешательств даже для тех пациентов, которые имеют относительные противопоказания для них, при условии тщательного мониторинга ЭКГ и жизненно важных параметров во время занятия. Обеспечить непрерывный ЭКГ-контроль во время занятий помогает использование ТМТ, при котором потенциально опасные для жизни ситуации, в том числе и клинически бессимптомные, можно оценивать, выявлять и предупреждать в режиме онлайн.

Использование дистанционных ТМТ при оценке кардиобезопасности у пациентов после ЦИ, как правило,

коморбидных и имеющих высокий риск повторного ишемического события, обеспечивает персонализированный подход и позволяет осуществить тонкую настройку индивидуальной программы реабилитации для каждого подобного пациента. При системном внедрении технологий дистанционного контроля ЭКГ и жизненно важных показателей у пациентов с сочетанной патологией, в том числе перенесших инсульт, возможна точная оценка рисков повторного ишемического события, в том числе у пациентов старшей возрастной группы, что расширяет перспективы и возможности их реабилитации.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

**Погонченкова Ирэна Владимировна**, доктор медицинских наук, доцент, директор, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ».

E-mail: pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>

**Костенко Елена Владимировна**, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, ГАУЗ «Московский

научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ»; профессор кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова».

E-mail: ekostenko58@mail.ru;

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0902-348X>

**Петрова Людмила Владимировна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, врач-невролог, заведующая

ПОГОНЧЕНКОВА И.В. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

отделением медицинской реабилитации, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ».

E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

**Непринцева Наталья Викторовна**, кандидат медицинских наук, врач-терапевт, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ», филиал 7.

E-mail: nataliya.nepr@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4509-5552>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Погонченкова И.В. — разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи, утверждение рукописи для публикации; Костенко Е.В. — разработка дизайна исследования, обзор публикаций

по теме статьи, проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи, утверждение рукописи для публикации; Петрова Л.В. — обзор публикаций по теме статьи, обработка, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных, написание текста рукописи; Непринцева Н.В. — отбор, обследование пациентов, обработка, анализ и интерпретация данных.

**Источники финансирования.** исследование было поддержано грантом Правительства Москвы (грант № 0912-1/22), Россия.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие других явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведенное исследование одобрено локальным этическим комитетом ГАУЗ МНПЦ МРВи СМДЗМ, протокол № 3 от 16.03.2022.

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Irena V. Pogonchenkova**, Dr.Sci. (Med.), Associate Professor, Director, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

E-mail: pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>

**Elena V. Kostenko**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Chief Scientist, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Professor of the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Pirogov Russian National Research Medical University; neurologist, Chief Scientific Officer Researcher of the Department of medical rehabilitation.

E-mail: ekostenko58@mail.ru;

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0902-348X>

**Liudmila V. Petrova**, Ph.D. (Med.), senior scientific member of Department of medical rehabilitation, neurologist, the head of the rehabilitation department, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

**Natalia V. Neprintseva**, Ph.D. (Med.), therapist, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

E-mail: nataliya.nepr@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4509-5552>

**Author Contributions.** Authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Pogonchenkova I.V. — conceived the study, design, review of publications, verification of critical content, scientific revision of the manuscript, approval of the manuscript for publication; Kostenko E.V. — conceived the study, design, review of publications, verification of critical content, scientific revision of the manuscript, approval of the manuscript for publication; Petrova L.V. — review of publications, processing, data analysis and interpretation, statistical data processing, writing the text of the manuscript; Neprintseva N.V. — selection, examination of patients, processing, data analysis and interpretation.

**Funding.** The study was supported by a Grant from the Moscow Government (Grant No. 0912-1/22), Russia.

**Disclosure.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Ethics Approval.** The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the 2013 Declaration of Helsinki. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Protocol No. 3. 16.03.2023.

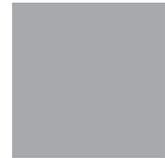
**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

## Список литературы / References

- Басенцова Н.Ю., Шишкин А.Н., Тибекина Л.М. Цереброкardиальный синдром и его особенности у пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения. Вестник Санкт-Петербургского Университета. 2017; 12(1): 31–47. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu11.2017.103> [Basentsova N. Yu., Shishkin A.N., Tibekina L.M. Cerebrocardial syndrome and its features in patients with acute cerebrovascular accident. *Vestnik SPbSU. Medicine.* 2017; 12(1): 31–47. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu11.2017.103> (In Russ.)]
- Акжигитов Р.Г., Алекаян Б.Г., Алферова В.В., Белкин А.А., Беляева И.А., Бойцов С.А., Вознюк И.А., Виноградов О.И., Герасименко М.Ю., Гераскина Л.А., Гехт А.Б., Гусев Е.И. Клинические рекомендации. Ишемический инсульт и транзиторная ишемическая атака у взрослых. Доступно на: [https://www.neurology.ru/obrazovanie/lektsii-master-klassy-i-drugie-nauchno-prakticheskie-i-obrazovatelnye-meropriyatyiya/klinicheskie-rekomendacii-ishemicheskaya-ataka-u-vzroslykh.html?ysclid=I9ruyfs1w2905659550](https://www.neurology.ru/obrazovanie/lektsii-master-klassy-i-drugie-nauchno-prakticheskie-i-obrazovatelnye-meropriyatyiya/klinicheskie-rekomendacii-ishemicheskii-insult-i-tranzitornaya-ishemicheskaya-ataka-u-vzroslykh.html?ysclid=I9ruyfs1w2905659550) [Akzhigitov R.G., Alekayan B.G., Alferova V.V., Belkin A.A., Belyaeva I.A., Boitsov S.A., Voznyuk I.A., Vinogradov O.I., Gerasimenko M.Yu., Geraskina L.A., Geht A.B., Gusev E.I. Clinical recommendations. Ischemic stroke and transient ischemic attack in adults. Available at: <https://www.neurology.ru/obrazovanie/lektsii-master-klassy-i-drugie-nauchno-prakticheskie-i-obrazovatelnye-meropriyatyiya/klinicheskie-rekomendacii-ishemicheskii-insult-i-tranzitornaya-ishemicheskaya-ataka-u-vzroslykh.html?ysclid=I9ruyfs1w2905659550> (In Russ.)]

3. Winstein C.J., Stein J., Arena R. et al. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2016; 47(6): e98-e169. <https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000098>.
4. Cristian A., Green J. Patient safety and quality improvement in rehabilitation medicine. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2012; 23(2): 221–230. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2012.02.001>.
5. Сидякина И.В., Воронова М.В. Индивидуализированный подход к реабилитации пациентов с центральной дисфагией. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2016; 15(3): 137–141. <https://doi.org/10.18821/16813456-2016-15-3-137-141> [Sidyakina I.V., Voronova M.V. Individualized approach to rehabilitation of patients with central dysphagia. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2016; 15(3): 137–141. <https://doi.org/10.18821/16813456-2016-15-3-137-141> (In Russ.).]
6. Гусев, Е.И., Коновалова А.Н., Скворцова В.И., Гехт А.Б. Неврология: Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2018; (1): 880 с. [Gusev E.I., Kononova A.N., Skvortsova V.I., Gekt A.B. *Neurologiya: Nacional'noe rukovodstvo*. Moscow. «GE OTAR-Media». 2018;(1): 880 p. (In Russ.).]
7. Béjot Y., Daubail B., Giroud M. Epidemiology of stroke and transient ischemic attacks: Current knowledge and perspectives. *Revue Neurologique*. 2016; 172(1): 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2015.07.013>.
8. O'Connor A.M., Bennett C., Stacey D. et al. Do patient decision aids meet effectiveness criteria of the international patient decision aid standards collaboration? A systematic review and meta-analysis. *Medical Decision Making*. 2007; 27(5): 554–574. <https://doi.org/10.1177/0272989X07307319>.
9. Смышляев А.В., Мельников Ю.Ю., Шахабов И.В. Телемедицинские технологии как инструмент повышения доступности медицинской помощи для населения на современном этапе: ключевые проблемы и перспективы развития. Главврач. 2020; (5): 44–54. <https://doi.org/10.33920/med-03-2005-05> [Smyshlyayev A.V., Melnikov Yu.Yu., Shahabov I.V. Telemedicine technologies as a tool to increase the availability of medical care for the population at the present stage: key problems and development prospects. *Chief Medical Officer*. 2020; (5): 44–54. <https://doi.org/10.33920/med-03-2005-05> (In Russ.).]
10. Карпов О.Э., Свешников А.В., Воробьев А.С. Новые методы мониторинга жизненно важных функций организма в эпоху телемедицины. Менеджер здравоохранения. 2016; (8): 54–66. [Karpov O.E., Sveshnikov A.V., Vorob'ev A.S. New methods of monitoring vital body functions in the era of telemedicine. *Menedzher zdavoohraneniya*. 2016; (8): 54–66 (In Russ.).]
11. Thamman R., Janardhanan R. Cardiac rehabilitation using telemedicine: the need for tele cardiac rehabilitation. *Reviews in Cardiovascular Medicine*. 2020; 21(4): 497–500. <https://doi.org/10.31083/j.rcm.2020.04.201>.
12. Piotrowicz E., Zieliński T., Bodalski R. et al. Home-based telemonitored Nordic walking training is well accepted, safe, effective and has high adherence among heart failure patients, including those with cardiovascular implantable electronic devices: a randomised controlled study. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2015; 22(11): 1368–1377. <https://doi.org/10.1177/2047487314551537>.
13. Владимирский А.В., Лебедев Г.С. Телемедицина. М., 2018: 576 с. [Vladzimirsky A.V., Lebedev G.S. *Telemedicine*. Moscow. 2018: 576 p. (In Russ.).]
14. Вейна А.М. Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение. М., 2003: 752 с. [Vane A.M. *Vegetative disorders: clinic, diagnosis, treatment*. Moscow. 2003: 752 p. (In Russ.).]
15. Лемешко В.А., Тепцова Т.С. Телемедицина: здравоохранение делает шаг в будущее. Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2017; 4(30): 30–38. [Lemeshko V.A., Teptsova T.S. *Telemedicine: a Step to the Future of Health Care*. *Medical Technologies. Assessment and Choice*. 2017; 4(30): 30–38 (In Russ.).]
16. Толкачёва И.А. Теле-ЭКГ: опыт применения радиомониторного контроля ЭКГ в условиях многопрофильного стационара. Доктор.Ру. 2012; 10(78): 29–35. [Tolkacheva I.A. *Tele-ECG: the experience of using radio monitoring of ECG in a multidisciplinary hospital*. *Doctor.Ru*. 2012; 10(78): 29–35 (In Russ.).]
17. Linder S.M., Rosenfeldt R.C., Bay S.M., Sahu K., Wolf S.L. Improving Quality of Life and Depression After Stroke Through Telerehabilitation. *The American Journal of Occupational Therapy*. 2015; 69(2): 6902290020p1–10. <https://doi.org/10.5014/ajot.2015.014498>.
18. Барановская Е.Н., Бронников В.А., Буйлова Т.В., Даминов В.Д., Кизеев М.В., Конева Е.С., Лядов К.В., Тимашкова Г.В., Чаплыгина Ю.А., Шахнович В.А. Дистанционно контролируемая реабилитация (комплексная медицинская реабилитация с применением телемедицинской технологии) для пациентов со спастическим гемипарезом после перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) или черепно-мозговой травмы (ЧМТ). Клинические рекомендации. М., 2019: 66 с. [Baranovskaya E.N., Bronnikov V.A., Buylova T.V., Daminov V.D., Kizeev M.V., Koneva E.S., Lyadov K.V., Timashkova G.V., Chaplygina Yu.A., Shakhnovich V.A. Remote-controlled rehabilitation (complex medical rehabilitation with the use of telemedicine technology) for patients with spastic hemiparesis after acute cerebrovascular accident or traumatic brain injury (TBI). *Clinical recommendations*. Moscow. 2019; 66 p. (In Russ.).]
19. Снопков П.С., Лядов К.В., Шаповаленко Т.В., Сидякина И.В. Дистанционная реабилитация: истоки, состояние, перспективы. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2016; 15(3): 141–145. <https://doi.org/10.18821/16813456-2016-15-3-141-145> [Snopkov P.S., Lyadov K.V., Shapovalenko T.V., Sidyakina I.V. Distant rehabilitation: the sources, current state-of-the-art, and further prospects. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2016; 15(3): 141–145. <https://doi.org/10.18821/16813456-2016-15-3-141-145> (In Russ.).]
20. Костенко Е.В., Полуни В.С., Полунина Н.В. Влияние сопутствующей заболеваемости на особенности реабилитационного процесса после инсульта. Лечебное дело. 2017; (4): 27–33. [Kostenko E.V., Polunin V.S., Polunina N.V. The influence of concomitant morbidity on the features of the rehabilitation process after stroke. *Lechebnoe delo*. 2017; (4): 27–33 (In Russ.).]
21. Румянцева С.А., Оганов Р.Г., Силина Е.В., Ступин В.А., Болевич С.Б., Орлова А.С., Кабаева Е.Н., Волик С.А., Сохова О.Н., Кубочкин А.Ю. Сердечно-сосудистая патология при остром инсульте (некоторые аспекты распространенности, профилактики и терапии). Кардиоваскулярная терапия и профилактика 2014; 13(4): 47–53. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2014-4-47-53> [Rumjantseva S.A., Oganov R.G., Silina E.V., Stupin V.A., Bolevitch S.B., Orlova A.S., Kabaeva E.N., Volik S.A., Sokhova O.N., Kubotchkin A.Yu. Cardiovascular pathology in acute stroke (issues on prevalence, prevention and treatment). *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2014; 13(4): 47–53. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2014-4-47-53> (In Russ.).]
22. James P.A., Oparil S., Carter B.L. et al. Evidence-based guideline for the management of high blood pressure in adults. Report from the panel members appointed to the Eighth Joint National Committee (JNC8). *JAMA*. 2014; 311(5): 507–520. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.284427>.
23. Migdady I., Russman A., Buletko A.B. Atrial Fibrillation and Ischemic Stroke: A Clinical Review. *Seminars in Neurology*. 2021; 41(4): 348–364. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1726332>.
24. Малукова Т.И. Реакция сердечно-сосудистой системы на стрессовые воздействия. Современные проблемы науки и образования. 2020; (6): 194 с. <https://doi.org/10.17513/spno.30248> [Malyukova T.I. Response of the cardiovascular system to stress influences. *Modern Problems of Science and Education*. 2020; (6): 194 p. <https://doi.org/10.17513/spno.30248> (In Russ.).]
25. Морозов В.В., Серяпина Ю.В., Кравченко Ю.Л., Тарков С.М., Бессмельцев В.П., Катасонов Д.Н., Слыв В.А. Телемедицина в кардиологии: новые перспективы. Фундаментальные исследования. 2013; 7(3): 589–593. [Morozov V.V., Seryapina Y.V., Kravchenko Y.L., Tarkov S.M., Bessmeltsev V.P., Katasonov D.N., Sluev V.A. Telemedicine in cardiology: new perspectives. *Fundamental Research*. 2013[7(3)]: 589–593. (In Russ.).]
26. Прекина В.И., Чернова И.Ю. Нарушения ритма сердца у пациентов с ишемическим инсультом. Современные проблемы науки и образования. 2018; (5): 26 с. [Prekina V.I., Chernova I.Yu. Of arrhythmias in patients with ischemic stroke. *Modern Problems of Science and Education*. 2018; (5): 26 p. (In Russ.).]

27. Дубенко О.Е., Ракова И.А. Инсульт и кардиальная дисфункция. Медицина неотложных состояний. 2011; 1–2 (32–33): 124–132. [Dubenko O.E., Rakova I.A. Stroke and cardiac dysfunction. *Meditsina Neotlozhnykh Sostoyaniy*. 2011; 1–2(32–33): 124–132 (In Russ.).]
28. Хатькова С.Е., Костенко Е.В., Акулов М.А., Дягилева В.П., Николаев Е.А., Орлова А.С. Современные аспекты патофизиологии нарушений ходьбы у пациентов после инсульта и особенности их реабилитации. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2019; 119 (12–2): 43–50. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911912243> [Khatkova S.E., Kostenko E.V., Akulov M.A., Diagileva V.P., Nikolaev E.A., Orlova A.S. Modern aspects of the pathophysiology of walking disorders and their rehabilitation in post-stroke patients. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2019; 119 (12–2): 43–50. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911912243> (In Russ.)]
29. Varma N., Cygankiewicz I., Turakhia M.P. et al. 2021 ISHNE/HRS/EHRA/APHRs Expert Collaborative Statement on Health in Arrhythmia Management: Digital Medical Tools for Heart Rhythm Professionals: From the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology/Heart Rhythm Society/European Heart Rhythm Association/Asia-Pacific Heart Rhythm Society. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2021; 14(2): e009204. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.120.009204>.



## Использование аппаратного плазмафереза для коррекции биомаркеров старения у здоровых людей в возрасте 40–60 лет: оригинальное исследование

ИР Гильмутдинова И.Р.<sup>1,\*</sup>, ИР Костромина Е.Ю.<sup>1</sup>, ИР Яковлев М.Ю.<sup>1</sup>, ИР Яфарова И.Х.<sup>1</sup>, ИР Барышева С.А.<sup>1</sup>, ИР Фесюн А.Д.<sup>1</sup>, ИР Ершов А.В.<sup>2</sup>, ИР Исаев А.Н.<sup>3</sup>, ИР Москалев А.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>3</sup> ООО «ДНКМ», Москва, Россия

<sup>4</sup> Научно-исследовательский институт биологии старения ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** В связи с демографическим старением населения проблема лечения возрастных заболеваний и профилактики преждевременного старения в современном здравоохранении приобрела особую актуальность. Одним из наиболее перспективных подходов является воздействие на молекулярные механизмы старения, включая активацию адаптивных систем и подавление патологических процессов в организме. В этом плане хорошо зарекомендовали себя методы экстракорпоральной гемокоррекции.

**ЦЕЛЬ.** Оценка безопасности и эффективности применения метода аппаратного плазмафереза в качестве технологии коррекции биомаркеров старения.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Разработана методика применения лечебного плазмафереза с целью коррекции биомаркеров старения. Пациенты обоего пола в возрасте 40–60 лет, у которых был выявлен повышенный уровень одного или нескольких биомаркеров старения, проходили курс лечебного плазмафереза в условиях дневного стационара. Всем пациентам были выполнены 4 процедуры лечебного плазмафереза один раз в 3 дня объемом 30 % объема циркулирующей плазмы с последующим замещением коллоидными (5%-й раствор альбумина) и кристаллоидными растворами (физраствор) в соотношении 1:3 или только кристаллоидными растворами.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Определение содержания биомаркеров старения в крови до и через 17 и 30 дней после начала лечения показало, что аппаратный плазмаферез оказывает влияние на уровень маркеров старения человека. Было отмечено достоверное снижение уровня таких биомаркеров, как гомоцистеин, мочевины, гамма-глутамилтранспептидаза, щелочная фосфатаза, креатинкиназа, холинэстераза и мочевая кислота. При сравнительной оценке влияния плазмафереза с возмещением и без возмещения альбумином на биохимические показатели крови статистически значимых различий выявлено не было. Стабильные показатели гемодинамики во время процедуры и после проведения плазмафереза, а также отсутствие у пациентов нежелательных реакций подтверждают безопасность и хорошую переносимость процедуры лечебного плазмафереза.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Внедрение данной методики в клиническую практику позволит разработать подходы к этиотропному лечению целого ряда хронических возрастзависимых патологий, что может способствовать увеличению продолжительности жизни и повышению ее качества.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** биомаркеры старения, антивозрастная терапия, гемокоррекция, плазмаферез.

**Для цитирования / For citation:** Гильмутдинова И.Р., Костромина Е.Ю., Яковлев М.Ю., Яфарова И.Х., Барышева С.А., Фесюн А.Д., Ершов А.В., Исаев А.Н., Москалев А.А. Использование аппаратного плазмафереза для коррекции биомаркеров старения у здоровых людей в возрасте 40–60 лет: оригинальное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):66-74. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-66-74>. [Gilmutdinova I.R., Kostromina E.Yu., Yakovlev M.Yu., Yafarova I.Kh., Barysheva S.A., Fesyun A.D., Ershov A.V., Isaev A.N., Moskaev A.A. Hardware Plasmapheresis Use for Correction of Aging Biomarkers in Healthy Patients Aged 40–60 Years: an Original Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 66-74. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-66-74> (In Russ.).]

\*Для корреспонденции: Гильмутдинова Ильмира Ринатовна, E-mail: [gilm.ilmira@mail.ru](mailto:gilm.ilmira@mail.ru), [gilmutdinovair@nmicrk.ru](mailto:gilmutdinovair@nmicrk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6743-2615>

Статья получена: 15.02.2023

Поступила после рецензирования: 06.03.2023

Статья принята к печати: 20.04.2023

© 2023, Гильмутдинова И.Р., Костромина Е.Ю., Яковлев М.Ю., Яфарова И.Х., Барышева С.А., Фесюн А.Д., Ершов А.В., Исаев А.Н., Москалев А.А.

Ilmira R. Gilmutdinova, Elena Yu. Kostromina, Maksim Yu. Yakovlev, Inessa Kh. Yafarova, Svetlana A. Barysheva, Anatoliy D. Fesyun, Anton V. Ershov, Andrey N. Isaev, Alexey A. Moskaev

Эта статья открытого доступа по лицензии CC BY 4.0. Издательство: ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России.

This is an open article under the CC BY 4.0 license. Published by the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

# Hardware Plasmapheresis Use for Correction of Aging Biomarkers in Healthy Patients Aged 40–60 Years: an Original Study

 Ilmira R. Gilmutdinova<sup>1,\*</sup>,  Elena Yu. Kostromina<sup>1</sup>,  Maksim Yu. Yakovlev<sup>1</sup>,  
 Inessa Kh. Yafarova<sup>1</sup>,  Svetlana A. Barysheva<sup>1</sup>,  Anatoliy D. Fesyun<sup>1</sup>,  
 Anton V. Ershov<sup>2</sup>,  Andrey N. Isaev<sup>3</sup>,  Alexey A. Moskalev<sup>4</sup>

<sup>1</sup> National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Limited Liability Company "DNKOM", Moscow, Russia

<sup>4</sup> Research Institute of Biology of Aging, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Due to the demographic aging of the population, the problem of treatment of age-related diseases and prevention of premature aging in modern healthcare has become particularly urgent. One of the most promising approaches is the impact on the molecular mechanisms of aging, including the activation of adaptive systems and suppression of pathological processes in the body. Methods of extracorporeal hemocorrection have proved to be a good idea in this respect.

**AIM.** To evaluate the effectiveness and safety of hardware plasmapheresis as a technology for correcting aging biomarkers.

**MATERIAL AND METHODS.** A technique of therapeutic plasmapheresis use was introduced for the correction of aging biomarkers. Twenty-four participants (male and female) aged 40–60 years with an elevated level of one or more aging biomarkers underwent a course of therapeutic plasmapheresis in the daytime hospital. All participants underwent four procedures of therapeutic hardware plasmapheresis once every 3 days with 30 % volume of circulating plasma followed by replacement with colloid (5 % albumin solution) and crystalloid solutions (saline solution) in a 1:3 ratio or only crystalloid solutions.

**RESULTS AND DISCUSSION.** A comparative evaluation of aging biomarkers before the procedure and 17 and 30 days after hardware plasmapheresis showed that therapeutic plasmapheresis affects the levels of human aging biomarkers in blood. A significant decrease in the levels of such biomarkers as homocysteine, urea, gamma-glutamyl transpeptidase, alkaline phosphatase, creatine phosphokinase, cholinesterase, and uric acid was shown. No significant differences were detected when we performed a comparative assessment of biochemical blood parameters following plasmapheresis with or without albumin replacement on biochemical blood parameters. Stable hemodynamic parameters during plasmapheresis and the absence of adverse reactions in patients confirm the safety and tolerability of the therapeutic plasmapheresis procedure.

**CONCLUSION.** Implementing this technique into clinical practice will allow the development of approaches to etiologic therapy of many chronic age-related pathologies. These treatments have the potential to increase life expectancy and improve its quality.

**KEYWORDS:** aging biomarkers, anti-aging therapy, hemocorrection, plasmapheresis.

**For citation:** Gilmutdinova I.R., Kostromina E.Yu., Yakovlev M.Yu., Yafarova I.Kh., Barysheva S.A., Fesyun A.D., Ershov A.V., Isaev A.N., Moskalev A.A. Hardware Plasmapheresis Use for Correction of Aging Biomarkers in Healthy Patients Aged 40–60 Years: an Original Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):66–74.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-66-74> (In Russ.).

\***For correspondence:** Ilmira R. Gilmutdinova, E-mail: [gilm.ilmira@mail.ru](mailto:gilm.ilmira@mail.ru), [gilmutdinovair@nmicrk.ru](mailto:gilmutdinovair@nmicrk.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6743-2615>

**Received:** 15.02.2023

**Revised:** 06.03.2023

**Accepted:** 20.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Демографическое старение населения является одной из наиболее значимых социально-экономических проблем во всем мире. Доля пожилых людей возрастает с каждым годом, особенно в развитых странах, где эта тенденция наиболее выражена. Так, по данным, представленным в докладе ООН, доля населения в возрасте 65 лет и старше во всем мире возросла с 5 % в 1950 году до 9,6 % в 2021 году. К 2030 году эта доля может увеличиться до 11,8 %, а к 2050 году — до 16,5 % [1]. В России тенден-

ция на увеличение доли пожилых людей в общей численности населения также приобрела устойчивый характер. По оценкам ООН, доля населения Российской Федерации в возрасте 60 лет и старше, которая в 2000 году составляла 18,5 %, к 2050 году возрастет до 37,2 % [2]. В связи с увеличением продолжительности жизни, а также возрастанием доли пожилых людей в большинстве стран, проблема профилактики возрастных заболеваний и преждевременного старения в современном здравоохранении является одной из наиболее актуальных.

Запуск физиологических механизмов старения определяется физиологическими и патологическими изменениями, происходящими на молекулярном и клеточном уровне, которые сопровождаются нарушением функции тканей и органов и приводят к развитию возрастных хронических заболеваний [3]. В качестве перспективных подходов антивозрастной терапии рассматривают направленное воздействие на ключевые молекулярные механизмы старения: активацию адаптивных систем и подавление патологических процессов клеток организма [4, 5].

Циркулирующие белки и метаболиты играют важную роль в процессах роста, развития и старения путем доставки управляющих сигналов во все органы и ткани организма. Процесс старения сопровождается накоплением в крови целого ряда белков и метаболитов, ассоциированных с происходящими в организме патологическими процессами [6]. Это продукты нарушенного метаболизма, повышенная концентрация продуктов нормального метаболизма, клеточный дебрис, циркулирующие иммунные комплексы, липофусцины, конечные продукты гликирования, агрегаты тау-белков, альфа-синуклеиновые фибриллы и амилоид- $\beta$  (A $\beta$ ) пептиды [7]. Известно, что при старении также повышаются уровни триглицеридов, липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), гомоцистеина и ряда других биомаркеров, уровень которых коррелирует с возрастом и отражает состояние организма. При этом под влиянием лечебного плазмафереза их концентрация может быть снижена [8]. Проводимая на ранней стадии коррекция может замедлить процессы старения до наступления патологических изменений в организме.

Описанные в литературе результаты экспериментальных и клинических исследований свидетельствуют о положительном эффекте применения экстракорпоральной гемокоррекции для нормализации биомаркеров старения. Mehdipour и соавторы [9] в экспериментах на мышах показали омолаживающее влияние плазмафереза на ткани организма. В исследовании в качестве заменителя крови использовали 5%-й раствор альбумина. Полученные результаты показали, что плазмаферез с замещением 5%-го альбумина у мышей в возрасте 22–24 месяцев ускоряет восстановление мышц, уменьшает фиброз и стеатоз печени, а также положительно влияет на нейрогенез гиппокампа. При этом в результате применения плазмафереза у лабораторных мышей были отмечены эффекты, сходные с результатами, полученными в экспериментах на лабораторных мышцах с применением парабиоза [10].

В 2018 году Li с совт. [11] описали эффективность применения двойного фильтрующего плазмафереза для профилактики преждевременного старения и продления активного долголетия. В результате проведенной оценки биомаркеров старения в крови у принимавших участие в исследовании 915 человек (584 мужчин и 331 женщины) было показано, что плазмаферез с двойной фильтрацией может снижать содержание биомаркеров старения. Оценка биологического возраста с использованием специально разработанных формул показала его снижение после плазмафереза в среднем на 4,47 года у мужчин и на 8,36 года у женщин.

## ЦЕЛЬ

Цель данного исследования заключалась в оценке безопасности и эффективности применения метода аппа-

ратного плазмафереза в качестве технологии коррекции биомаркеров старения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### 1. Дизайн исследования

Исследования были проведены на 24 пациентах обоего пола (12 мужчин и 12 женщин) в возрасте 40–60 лет с повышенным уровнем одного или более биомаркеров старения. Протокол исследования был утвержден Локальным этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Каждый участник подписывал информированное согласие.

Пациенты проходили курс лечебного плазмафереза на базе ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России в условиях дневного стационара. Всем пациентам выполняли 4 процедуры лечебного центрифужного плазмафереза один раз в 3 дня объемом 30 % ОЦП с последующим замещением коллоидными (5%-й раствор альбумина) и кристаллоидными растворами (физиологический раствор) в соотношении 1:3 (группа 1) или только кристаллоидными растворами (физиологический раствор) (группа 2). Возмещение коллоидными и кристаллоидными растворами проводилось в зависимости от исходного уровня общего белка и альбумина в плазме. По усмотрению врача-трансфузиолога и исходя из переносимости процедуры и индивидуальных особенностей пациента (артериальное давление (АД), содержание общего белка до начала процедуры) объем крови для забора и очистки на одну процедуру мог быть скорректирован, если это было целесообразно в интересах пациента.

**Критерии включения:** мужчины и женщины в возрасте от 40 до 60 лет с индексом массы тела < 30 кг/м<sup>2</sup> и повышенным уровнем одного или более маркеров старения; способность понять требования, выдвигаемые к участникам исследования, и дать письменное согласие на участие в исследовании, включая использование и передачу информации о состоянии здоровья, имеющей отношение к исследованию и выполнению процедур, предусмотренных протоколом исследования; отрицательный тест на беременность для женщин с сохраненным репродуктивным потенциалом.

**Критерии неключения:** отказ от участия в исследовании; любые заболевания и состояния, которые, по мнению исследователя, могут помешать участию субъекта в исследовании; психические расстройства, в том числе в анамнезе; наркомания, токсикомания, алкоголизм; беременность или период грудного вскармливания; тяжелые аллергические реакции в анамнезе; наличие общих противопоказаний для проведения процедур плазмафереза; любые другие состояния или причины, которые могут увеличить риск для субъекта или снизить вероятность получения результатов, необходимых для достижения целей исследования.

**Критерии исключения:** добровольный отказ субъекта от участия в исследовании; решение врача-исследователя о том, что субъекта необходимо исключить в интересах самого субъекта; отказ субъекта сотрудничать с исследователем или его недисциплинированность; неявка субъекта на одну или более процедур исследования или визитов последующего наблюдения; развитие тяжелых побочных

реакций или заболеваний/состояний, не связанных с исследованием, требующих прекращения терапии; положительный тест на беременность.

## 2. Методы исследования

Эффективность применения разработанной методики оценивали путем анализа динамики лабораторных показателей до и через 17 и 30 дней после начала лечения.

Определяли следующие показатели по результатам:

— клинического анализа крови: количество лейкоцитов (WBC), количество эритроцитов (RBC), уровень гемоглобина (Hb), гематокрит (Hct), средний объем эритроцита (MCV), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроцитах (MCHC), тромбоциты (PC), нейтрофилы, лимфоциты, моноциты, эозинофилы, базофилы, СОЭ;

— биохимического анализа крови: аланинаминотрансфераза (АЛТ), аспартатаминотрансфераза (АСТ), гамма-глутамилтранспептидаза (ГГТП), лактатдегидрогеназа (ЛДГ), креатинкиназа, холинэстераза, общий билирубин, прямой билирубин, мочевины, креатинин, мочевиная кислота, холестерин, триглицериды, липопротеины высокой плотности (ЛПВП), ЛПНП, аполипопротеин А, аполипопротеин В, щелочная фосфатаза, общий белок, альбумин,  $\beta$ 2-микрोगлобулин, глюкоза, альфа-2-глобулины, альфа-амилаза, С-реактивный белок, гомоцистеин, хлорид, кальций, калий, натрий, магний, железо, лактат;

— серологического анализа крови: Ig A, Ig M, Ig G, Ig E;

— коагулограммы: протромбин, фибриноген, активированное частичное тромбопластиновое время, протромбиновое время, международное нормализованное отношение (МНО).

С целью исключения противопоказаний к проведению процедур лечебного плазмафереза всем пациентам проводили электрокардиографию в 12 стандартных отведениях. УЗИ аорты и дуплексное сканирование вен нижних конечностей проводили на аппаратах HDI 5000 (Philips, США) и Vivid 3 (General Electric, США).

Безопасность и переносимость метода аппаратного плазмафереза оценивали на основании зарегистрированных побочных эффектов, связанных с лечением на протяжении всего исследования, которые фиксировались в первичной документации пациента. Нежелательные явления оценивали по совокупности объективных признаков, отражающих основные характеристики гомеостаза и субъективные ощущения пациента.

## 3. Методы статистической обработки данных

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы MegaStat. Данные представлены в виде Me [Q1; Q3], где Me — медиана, Q1 и Q3-1 и 3 квартили распределения. Статистический анализ данных осуществляли с помощью непараметрических методов анализа с использованием критерия Вилкоксона (для определения различий между группами). Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

## 4. Проведение процедуры аппаратного плазмафереза

Всем пациентам был выполнен курс из 4 процедур лечебного плазмафереза с обработкой 110–120 % объема циркулирующей крови (ОЦК) пациента с помощью

аппарата Haemonetics PCS-2 (Haemonetics Corporation, США; РУ № РЗН 2013/359). Объем забора за 1 процедуру составлял 30 % объема циркулирующей плазмы (ОЦП). По усмотрению врача-трансфузиолога, объем крови для забора и очистки за одну процедуру мог быть скорректирован, если это было целесообразно в интересах пациента, но не более 40 % ОЦП за одну процедуру, что составляло 600–1000 мл (в среднем  $808 \pm 126$  мл) с последующим замещением коллоидными или кристаллоидными растворами.

Процедуру плазмафереза проводили согласно описанной ранее методике [12, 13]. В процессе плазмафереза каждые 15 мин проводили измерение АД и частоты сердечных сокращений (ЧСС), а также отслеживали нежелательные явления.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### 1. Оценка безопасности лечебного плазмафереза

Безопасность проведения плазмафереза прежде всего обеспечивалась индивидуальным подбором объема забора плазмы, который рассчитывали исходя из массы тела и гематокрита пациента по формуле:

$$\text{ОЦП} = \text{ОЦК} * (1 - \text{Hct}),$$

где Hct — гематокрит, л/л; ОЦК — объем циркулирующей крови.

С целью исключения волеической нестабильности до процедуры проводилась предилуция в объеме 200 мл физиологического раствора. В качестве антикоагулянта использовали цитрат натрия в соотношении с цельной кровью 1:15–1:17 в зависимости от реологических свойств крови пациента.

В ходе исследования было установлено, что 96 % пациентов удовлетворительно переносили плазмаферез, сохраняя стабильную гемодинамику на протяжении всей процедуры. Нежелательных реакций установлено не было. При этом только у одной пациентки во время проведения процедуры плазмафереза возникла цитратная реакция, которая была купирована внутривенным введением глюконата кальция в количестве 10 мл 10%-го раствора. Эта пациентка была исключена из исследования.

### 2. Сравнительная оценка биомаркеров старения до и после проведения аппаратного плазмафереза

Проведено определение уровня биомаркеров старения в крови у 24 пациентов до и через 17 и 30 дней после начала проведения процедуры лечебного плазмафереза. В исследование были включены лица с повышенным исходным уровнем одного или более биомаркеров старения. Так, исходный уровень глюкозы был повышен у 1 пациента, мочевины — у 2 пациентов, холестерина — у 11 пациентов, креатинина — у 2 пациентов, общего билирубина — у 2 пациентов, триглицеридов — у 3 пациентов, ЛПНП — у 21 пациента, аполипопротеина А — у 8 пациентов, С-реактивного белка — у 9 пациентов, гомоцистеина — у 5 пациентов, АЛТ — у 1 пациента, АСТ — у 1 пациента, ГГТП — у 1 пациента, ЛДГ — у 1 пациента, креатинкиназы — у 5 пациентов, мочевиной кислоты — у 5 пациентов, лактата — у 2 пациентов.

Показано, что аппаратный плазмаферез оказывает влияние на уровень биомаркеров старения. При сравнении эффектов применения лечебного плазмафереза

с возмещением альбумином (группа 1) и без возмещения альбумином (группа 2) на показатели крови статистически значимых различий между этими группами выявлено не было, поэтому данные, полученные для пациентов обеих групп, были объединены для дальнейшего анализа.

В табл. 1 приведены данные о динамике биохимических маркеров крови до и через 17 и 30 дней после начала процедуры лечебного плазмафереза. Через 17 дней после начала лечения было отмечено снижение содержания общего белка в сыворотке крови с 72,60 [69,75; 74,95] до 67,10 [65,05; 69,80] г/л ( $p < 0,001$ ), через 30 дней после начала лечения — до 70,85 [68,25; 73,93] г/л ( $p < 0,05$ ), что является индикатором уменьшения содержания в крови белковых компонентов (иммуноглобулинов, альбуминов), а также удаляемых патогенных составляющих белковой природы. Содержание альбумина через 17 дней после начала курса лечения понизилось с 45,05 [43,55; 46,78] до 43,70 [42,20; 45,33] г/л ( $p < 0,05$ ).

Концентрация гомоцистеина, промежуточного продукта обмена метионина и цистеина, через 17 дней после про-

ведения курса плазмафереза снизилась с 10,85 [9,73; 12,70] до 9,60 [7,70; 11,05] мкмоль/л ( $p < 0,05$ ), через 30 дней — до 9,20 [7,90; 13,03] ( $p = 0,0745$ ), что говорит о снижении риска развития заболеваний, связанных с повышенным уровнем гомоцистеина, включая развитие атеросклероза, ишемической болезни сердца, инсультов, венозных тромбозов, болезни Альцгеймера и др. [14].

Концентрация ГТПП через 17 дней после начала курса плазмафереза снизилась с 20,0 [15,75; 24,50] до 17,0 [12,0; 22,0] Ед/л ( $p < 0,001$ ), что говорит о снижении токсической нагрузки на печень и поджелудочную железу [15].

Через 17 дней после начала лечения плазмаферезом концентрация таких биомаркеров развития возраст-ассоциированных заболеваний, как креатинкиназа [16], снизилась со 100,1 [65,3; 157,9] до 97,9 [66,4; 123,9] Ед/л ( $p < 0,05$ ), холинэстераза — с 7407,51 [6469,32; 8223,05] до 5935,01 [5216,89; 6598,16] Ед/л ( $p < 0,001$ ) и щелочная фосфатаза [17] — с 57,5 [50,75; 67,50] до 53,5 [47,50; 58,0] Ед/л ( $p < 0,01$ ) соответственно. Содержание холинэстеразы через 30 дней также оставалось пониженным по сравне-

**Таблица 1.** Содержание биохимических маркеров крови до и через 17 и 30 дней после начала лечения плазмаферезом

**Table 1.** Biochemical blood markers before and 17 and 30 days after the start of plasmapheresis treatment

Показатели / Variable	До лечения / Before treatment	Через 17 дней после начала лечения / 17 days after the start of treatment	Через 30 дней после начала лечения / 30 days after the start of treatment
Белок общий, г/л / Protein total, g/L	72,60 [69,75; 74,95]	67,10 [65,05; 69,80]***	70,85 [68,25; 73,93]*
Альбумин, г/л / Albumin, g/L	45,05 [43,55; 46,78]	43,70 [42,20; 45,33]*	45,45 [42,75; 46,45]
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/L	5,1 [4,9; 5,5]	5,1 [4,7; 5,4]	5,1 [4,9; 5,4]
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/L	5,0 [4,7; 5,7]	4,8 [4,2; 5,5]*	4,85 [4,2; 5,9]
Натрий, ммоль/л / Sodium, mmol/L	139,0 [136,25; 140,2]	138,7 [137,8; 139,4]	139,2 [137,55; 141,45]
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, μmol/L	84,3 [77,4; 92,55]	84,35 [75,0; 91,75]	82,95 [75,38; 91,85]
Билирубин общий, мкмоль/л / Bilirubin total, μmol/L	10,7 [8,25; 14,28]	11,0 [9,03; 13,48]	11,05 [8,98; 12,52]
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/L	6,09 [5,70; 6,49]	5,97 [5,38; 6,71]	6,12 [5,37; 6,84]
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/L	1,02 [0,78; 1,37]	0,84 [0,71; 1,30]	0,95 [0,73; 1,15]
Холестерин ЛПВП, ммоль/л / HDL Cholesterol, mmol/L	1,73 [1,41; 1,91]	1,68 [1,43; 1,89]	1,81 [1,43; 1,98]*
Холестерин ЛПНП, ммоль/л / LDL Cholesterol, mmol/L	3,96 [3,49; 4,41]	3,96 [3,24; 4,50]	3,94 [3,13; 4,60]
Аполипопротеин А1, г/л / Apolipoprotein A1, g/L	1,74 [1,47; 1,86]	1,63 [1,48; 1,84]	1,79 [1,47; 2,0]
Аполипопротеин В, г/л / Apolipoprotein B, g/L	1,06 [0,96; 1,16]	1,09 [0,90; 1,25]	1,05 [0,82; 1,25]
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/L	1,22 [1,19; 1,26]	1,22 [1,18; 1,25]	1,24 [1,19; 1,27]**
Калий, ммоль/л / Potassium, mmol/L	4,0 [3,8; 4,4]	4,1 [3,9; 4,4]	4,2 [4,0; 4,6]

Показатели / Variable	До лечения / Before treatment	Через 17 дней после начала лечения / 17 days after the start of treatment	Через 30 дней после начала лечения / 30 days after the start of treatment
С-реактивный белок высокочувствительный, мг/мл / C-reactive protein, mg/mL	0,63 [0,45; 1,40]	0,63 [0,35; 1,50]	0,58 [0,35; 1,54]
Гомоцистеин, мкмоль/л / Homocysteine, $\mu\text{mol/L}$	10,85 [9,73; 12,70]	9,60 [7,70; 11,05]*	9,20 [7,90; 13,03]
АЛТ, Ед/л / alanine aminotransferase (ALT), U/L	17,10 [12,93; 24,13]	18,45 [15,03; 22,73]	16,95 [13,2; 20,93]
АСТ, Ед/л / aspartate aminotransferase (AST), U/L	20,25 [17,98; 24,20]	21,65 [19,55; 24,55]	19,85 [18,28; 21,95]
ГГТП, Ед/л / Gamma-glutamyl transpeptidase (GGTP), U/L	20,0 [15,75; 24,50]	17,0 [12,0; 22,0]***	18,0 [14,25; 26,25]
ЛДГ, Ед/л / Lactate dehydrogenase, U/L	163,75 [139,5; 178,60]	163,7 [149,6; 187,53]	164,7 [148,6; 193,0]
Креатинкиназа, Ед/л / Creatine kinase, U/L	100,1 [65,3; 157,9]	97,9 [66,4; 123,9]*	108,9 [81,3; 137,1]
Холинэстераза, Ед/л / Cholinesterase, U/L	7407,51 [6469,32; 8223,05]	5935,01 [5216,89; 6598,16]***	6556,28 [5801,4; 7240,06]***
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, U/L	57,5 [50,75; 67,50]	53,5 [47,5; 58,0]**	56,5 [52,75; 63,50]
Мочевая кислота, мкмоль/л / Uric acid, $\mu\text{mol/L}$	333,0 [265,75; 382,5]	336,0 [271,75; 383,75]	315,5 [250; 363,0]*
Лактат, ммоль/л / Lactate, mmol/L	1,15 [0,83; 1,5]	1,2 [1,05; 1,5]	1,1 [0,95; 1,45]

**Примечание:** Данные представлены в виде медианы и квартилей; анализ различий между исходным уровнем показателей и значениями, полученными на 17-й и 30-й день после начала лечения, проведен с использованием критерия знаковых рангов Вилкоксона, \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ .

**Note:** Data are presented as the median and quartiles. Differences between the initial values of variables and the values obtained on day 17 and 30 after starting treatment were analyzed using the Wilcoxon signed-rank test, \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

нию с исходным уровнем и составляло 6556,28 [5801,4; 7240,06] Ед/л ( $p < 0,001$ ).

Концентрация мочевой кислоты в крови после слабого увеличения с 333,0 [265,75; 382,5] до 336,0 [271,75; 383,75] (н/д) через 17 дней, через 30 дней после начала лечения снизилась до 315,5 [250,0; 363,0] мкмоль/л ( $p < 0,05$ ), что говорит о снижении риска отложения солей уратов в органах и тканях (суставах, почках, подкожной клетчатке) [18].

Через 17 дней после начала лечения было отмечено достоверное снижение количества эритроцитов с 4,65 [4,43; 4,97] до 4,39 [4,12; 4,73]  $10^{12}/\text{л}$  ( $p < 0,01$ ), через 30 дней — до 4,37 [4,20; 4,82]  $10^{12}/\text{л}$  (н/д;  $p=0,072$ ) (табл. 2), что объясняется частичными их потерями в аппарате в процессе процедуры плазмафереза.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно анализу научных данных, плазмаферез с точки зрения методики профилактики развития возраст-ассоциированных заболеваний может влиять на три основных физиологических механизма, задействованных в процессе старения: клеточное старение и связанные с ним нарушения, иммуносенесценцию (старение иммун-

ной системы) и хроническое воспаление с накоплением провоспалительных агентов [19].

Плазма крови выступает в роли транспортной среды, в которой сосредоточено только 7 % экзо- и эндотоксинов. Большая же их часть локализуется во внеклеточном пространстве, составляя примерно 83 % от общего количества токсинов. В связи с этим целесообразно использование методов, направленных именно на выведение токсинов из межклеточного пространства. Плазмаферез является одним из таких методов, оказывающим дренирующий эффект [20]. Он реализуется за счет усиленного поступления продуктов нарушенного метаболизма, находящихся в интерстициальной жидкости, по градиенту концентрации в сосудистое русло. Низкомолекулярные вещества (мочевина, креатинин, электролиты) поступают напрямую через сосудистую стенку в процессе реабсорбции. Среднемолекулярные и крупномолекулярные компоненты выходят посредством участия лимфатической системы.

При проведении курса лечебного плазмафереза объемом удаленной плазмы по протоколу у пациентов за одну процедуру составлял до 30 %, за весь курс — 110–120 %. Данный объем забора крови относится к среднеобъемным

**Таблица 2.** Гематологические биомаркеры крови до и через 17 и 30 дней после начала лечения плазмаферезом  
**Table 2.** Haematological blood markers before and 17 and 30 days after the start of plasmapheresis treatment

Показатели / Variable	До лечения / Before treatment	Через 17 дней от начала лечения / 17 days after the start of treatment	Через 30 дней от начала лечения / 30 days after the start of treatment
Гематокрит (Hct), % / Hematocrit (Hct), %	42,90 [40,52; 47,11]	41,28 [38,9; 45,6]*	41,63 [39,45; 45,88]
Гемоглобин (Hb), г/дл / Hemoglobin (Hb), g/dL	13,91 [12,93; 14,77]	13,28 [12,25; 14,71]*	13,42 [12,36; 14,54]*
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах (MCHC), г/дл / Mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), g/dL	32,20 [31,65; 32,53]	31,69 [31,08; 32,45]	31,60 [30,95; 32,45]*
Средний объем эритроцитов (MCV), фл / Mean corpuscular volume (MCV), fL	92,23 [90,36; 94,60]	92,86 [90,51; 95,92]*	93,20 [90,82; 95,23]
Количество эритроцитов (RBC) (10 <sup>12</sup> /л) / Red blood cell (RBC) count (10 <sup>12</sup> /л)	4,65 [4,43; 4,97]	4,39 [4,12; 4,73]**	4,37 [4,20; 4,82]
Количество тромбоцитов (10 <sup>9</sup> /л) / Platelet count (10 <sup>9</sup> /л)	219,95 [202,78; 245,73]	227,2 [204,43; 258,40]	215,15 [189,73; 231,05]

**Примечание:** Данные представлены в виде медианы и квартилей; анализ различий между исходным уровнем показателей и значениями, полученными на 17-й и 30-й день после начала лечения, проведен с использованием критерия знаковых рангов Вилкоксона, \* —  $p < 0,05$ , \*\* —  $p < 0,01$ , \*\*\* —  $p < 0,001$ .

**Note:** Data are presented as the median and quartiles. Differences between the initial values of variables and the values obtained on day 17 and 30 after starting treatment were analyzed using the Wilcoxon signed-rank test, \* —  $p < 0,05$ , \*\* —  $p < 0,01$ ; \*\*\* —  $p < 0,001$ .

плазмаферезам, в результате чего риск дефицита глобулинов и альбумина, а также витаминов и микроэлементов для организма минимален, особенно при соблюдении режима питания. Но вместе с тем происходит постепенное снижение концентрации токсических компонентов в организме.

Отсутствие у пациентов нежелательных явлений и стабильная гемодинамика при проведении процедуры плазмафереза подтверждают безопасность и хорошую переносимость метода лечебного плазмафереза.

Согласно полученным нами за 30-дневный период наблюдения данным, было показано снижение уровня таких показателей, как гомоцистеин, мочевины, ГГТП, креатинкиназа, холинэстераза, щелочная фосфатаза и мочевая кислота. Эти биомаркеры относятся к возрастзависимым показателям и оказывают влияние на развитие целого ряда возрастных заболеваний [16, 21, 22]. Было отмечено, что наиболее выраженная нормализация биохимических показателей происходила, как правило, у тех пациентов, у которых исходные величины этих показателей находились за пределами диапазона референсных значений. При изначально нормальных значениях изменение показателей крови было менее выраженным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена оценка биомаркеров старения до и через 17 и 30 дней после проведения курса аппаратного плазмафереза у здоровых людей в возрасте 40–60 лет. Отсутствие у пациентов нежелательных реакций и стабильная гемодинамика во время и после проведения процедуры плазмафереза подтверждают безопасность и хорошую переносимость метода лечебного плазмафереза. В результате проведения курса лечебного плазмафереза было отмечено снижение уровня ряда биомаркеров старения, включая гомоцистеин, мочевины, ГГТП, щелочную фосфатазу, креатинкиназу, холинэстеразу и мочевую кислоту. Необходимо проведение дальнейших исследований для изучения влияния объема забираемой плазмы, а также факторов, связанных с питанием и образом жизни пациентов на уровень биомаркеров старения. Внедрение данной методики в клиническую практику позволит разработать подходы к этиотропному лечению целого ряда хронических возрастзависимых заболеваний, благодаря чему может быть достигнуто увеличение продолжительности жизни и повышение ее качества.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Гильмутдинова Ильмира Ринатовна**, кандидат медицинских наук, заведующая отделом биомедицинских технологий, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: gilm.ilmira@mail.ru, gilmutdinovair@nmicrk.ru;  
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6743-2615>

**Костроминна Елена Юрьевна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: bioimed07@hotmail.com;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9728-7938>

**Яковлев Максим Юрьевич**, доктор медицинских наук, заместитель директора по стратегическому развитию медицинской деятельности, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: masdat@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5260-8304>

**Яфарова Инесса Халиковна**, кандидат медицинских наук, врач-трансфузиолог, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: yafarovain@rambler.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5719-6089>

**Барышева Светлана Александровна**, врач-терапевт, заведующая приемным отделением, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: svetlanabarysheva@yandex.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4087-1539>

**Фесюн Анатолий Дмитриевич**, доктор медицинских наук, и.о. директора, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: fesyunad@nmicrk.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Ершов Антон Валерьевич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры патофизиологии, ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России.

E-mail: salavatprof@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5758-8552>

**Исаев Андрей Николаевич**, кандидат медицинских наук, генеральный директор, ООО «ДНКМ».

E-mail: a.n.isaev@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8972-5486>

**Москалев Алексей Александрович**, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, Научно-исследовательский институт биологии старения ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

E-mail: amoskalev@list.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3248-1633>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Гильмутдинова И.Р., Костромина Е.Ю. — концепция, обработка и анализ данных, написание и редактирование статьи, обсуждение, выводы; Яковлев М.Ю. — обработка и анализ данных; Фесюн А.Д. — концепция, обсуждение, выводы, участие в одобрении окончательной версии статьи; Яфарова И.Х., Барышева С.А. — сбор и обработка материала; Исаев А.Н., Ершов А.В., Москалев А.А. — интерпретация и обсуждение данных. **Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Гильмутдинова И.Р., Костромина Е.Ю., Яфарова И.Х., Москалев А.А., Исаев А.Н., Ершов А.В., Фесюн А.Д. — обладатели патента RU 2788817 С1 от 24.01.23 «Способ проведения процедур аппаратного плазмафереза с замещением объема циркулирующей плазмы для коррекции биологического возраста у здоровых людей 40–55 лет»; Фесюн А.Д. — и.о. директора ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, президент Национальной ассоциации экспертов по санаторно-курортному лечению, главный редактор журнала «Вестник восстановительной медицины».

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования было одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России (протокол № 2 от 14.01.2021).

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Ilmira R. Gilmudinova**, Ph.D. (Med.), Head of the Department of Biomedical Technologies, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: gilm.ilmira@mail.ru, gilmutdinovair@nmicrk.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6743-2615>

**Elena Yu. Kostromina**, Ph.D. (Biol.), Senior Researcher, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: bioimed07@hotmail.com;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9728-7938>

**Maxim Yu. Yakovlev**, Dr.Sci. (Med.), Deputy Director for Strategic Development of Medical Activities, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: masdat@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5260-8304>

**Inessa Kh. Yafarova**, Ph.D. (Med.), Transfusiologist, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: yafarovain@rambler.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5719-6089>

**Svetlana A. Barysheva**, Head of the Admitting Department, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: svetlanabarysheva@yandex.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4087-1539>

**Anatoliy D. Fesyun**, Dr.Sci. (Med.), Acting Director, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: fesyunad@nmicrk.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Anton V. Ershov**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Department of Pathophysiology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University.

E-mail: salavatprof@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5758-8552>

**Andrey N. Isaev**, Ph.D. (Med.), General Director, LLC «ДНКМ».

E-mail: a.n.isaev@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8972-5486>

**Alexey A. Moskalev**, Dr.Sci. (Biol.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Director, Research Institute of Biology of Aging, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod.

E-mail: amoskalev@list.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3248-1633>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: I.R. Gilmutdinova, E.Yu. Kostromina — concept, data processing and analysis, writing the paper, discussion, conclusions; M.Yu. Yakovlev — data processing and analysis; A.D. Fesyun — concept, discussion, conclusions, participation in the approval of the final version of the paper; I.Kh. Yafarova, S.A. Barysheva — collection and processing of the material; A.V. Ershov, A.N. Isaev, A.A. Moskalev — data interpretation and discussion.

**Funding.** This study was not supported by any external funding.

**Disclosure.** Gilmutdinova I.R., Kostromina E.Yu., Yafarova I.Kh., Moskalev A.A., Isaev A.N., Ershov A.V., Fesyun A.D. own patent RU 2788817 C1 dated 24.01.23 «Method for performing hardware plasmapheresis procedures with circulating plasma volume replacement for correcting biological age in healthy people 40–55 years old». Fesyun A.D. is the Editor-in-Chief of the Journal «Bulletin of Rehabilitation Medicine».

**Ethics Approval.** The authors state that all the procedures used in this paper comply with the ethical standards of the institutions that carried out the study and comply with the Helsinki Declaration as revised in 2013. The study was supported by the Local Ethics Committee of the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology (Protocol No. 2 dated January 14, 2021).

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

## Список литературы / References

1. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). World Population Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3. Available at: [www.unpopulation.org](http://www.unpopulation.org) (accessed 06.03.2023). <https://population.un.org/wpp/.2022> (accessed 06.03.2023).
2. Childs B.G., Durik M., Baker D.J., van Deursen J.M. Cellular senescence in aging and age-related disease: from mechanisms to therapy. *Nature Medicine*. 2015; 21(12): 1424–35. <https://doi.org/10.1038/nm.4000>.
3. Guo J., Huang X., Dou L., Yan M., Shen T., Tang W., Li J. Aging and aging-related diseases: from molecular mechanisms to interventions and treatments. *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 2022; 7(1): 391. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01251-0>.
4. Zhang L., Pitcher L.E., Yousefzadeh M.J., Niedernhofer L.J., Robbins P.D., Zhu Y. Cellular senescence: a key therapeutic target in aging and diseases. *The Journal of Clinical Investigation*. 2022; 132(15). <https://doi.org/10.1172/JCI158450>.
5. Rybtsova N., Berezina T., Kagansky A., Rybtsov S. Can Blood-Circulating Factors Unveil and Delay Your Biological Aging? *Biomedicines*. 2020; 8(12). <https://doi.org/10.3390/biomedicines8120615>.
6. Etienne J., Liu C., Skinner C.M., Conboy M.J., Conboy I.M. Skeletal muscle as an experimental model of choice to study tissue aging and rejuvenation. *Skeletal Muscle*. 2020; 10(1): 4. <https://doi.org/10.1186/s13395-020-0222-1>.
7. Schmidt J.J., Jahn J., Golla P., Hafer C., Kielstein J.T., Kielstein H. Effect of therapeutic plasma exchange on plasma levels and total removal of adipokines and inflammatory markers. *BMC Obesity*. 2015; (2): 37. <https://doi.org/10.1186/s40608-015-0067-z>.
8. Mehdipour M., Mehdipour T., Skinner C.M., Wong N., Liu C., Chen C.C., Jeon O.H., Zuo Y., Conboy M.J., Conboy I.M. Plasma dilution improves cognition and attenuates neuroinflammation in old mice. *Geroscience*. 2021; 43(1): 1–18. <https://doi.org/10.1007/s11357-020-00297-8>.
9. Rebo J., Mehdipour M., Gathwala R., Causey K., Liu Y., Conboy M.J., Conboy I.M. A single heterochronic blood exchange reveals rapid inhibition of multiple tissues by old blood. *Nature Communications*. 2016; (7): 13363. <https://doi.org/10.1038/ncomms13363>.
10. Li X., Zhang J., Sun C., Zhang Y., Cai R., Fu S., Zheng J., Huang D. Application of biological age assessment of Chinese population in potential anti-ageing technology. *Immunity & Ageing*. 2018; (15): 33. <https://doi.org/10.1186/s12979-018-0140-9>.
11. Гильмутдинова И.Р., Ерёмин П.С., Костромина Е.Ю., Марков П.А., Яфарова И.Х., Москалев А.А., Гильмутдинов Р.Г., Исаев А.Н., Ершов А.В., Рачин А.П., Фесюн А.Д. Способ проведения процедур аппаратного плазмафереза с замещением объема циркулирующей плазмы для коррекции биологического возраста у здоровых людей 40–55 лет. Патент на изобретение 2788817 C1, 24.01.2023. Заявка № 2022127799 от 26.10.2022. [Gilmutdinova I.R., Eremin P.S., Kostromina E.Yu., Markov P.A., Yafarova I.Kh., Gilmutdinov R.G., Isaev A.N., Moskalev A.A., Ershov A.V., Rachin A.P., Fesyun A.D. Method for Performing Hardware Plasmapheresis Procedures with Circulating Plasma Volume Replacement for Correcting Biological Age in Healthy People 40–55 Years Old. Patent RF no. 2788817, 2023. (In Russ.)]
12. Gilmutdinova I., Kudryashova I., Kostromina E., Yafarova I., Gilmutdinov R., Kaverina I., Isaev A., Moskalev A. The use of therapeutic plasmapheresis in preventive and sports medicine. *BIO Web of Conferences*. 2022; (48): 01009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224801009>.
13. Jakubowski H. Homocysteine Modification in Protein Structure/Function and Human Disease. *Physiological Reviews*. 2019; 99(1): 555–604. <https://doi.org/10.1152/physrev.00003.2018>.
14. Whitfield J.B. Gamma glutamyl transferase. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*. 2001; 38(4): 263–355. <https://doi.org/10.1080/20014091084227>.
15. Sumien N., Shetty R.A., Gonzales E.B., Creatine, Creatine Kinase, and Aging, in *Biochemistry and Cell Biology of Ageing: Part I Biomedical Science*, J.R. Harris and V.I. Korolchuk, Editors. Springer Singapore. Singapore. 2018: 145–168.
16. Wu J., Liu X.H., Huang R., Wu H.S., Guo Q.Y., Yi C.Y., Yu X.Q., Yang X. Age differences in associations of serum alkaline phosphatase and mortality among peritoneal dialysis patients. *Chinese Medical Journal*. 2019; 132(2): 232–236. <https://doi.org/10.1097/CM9.000000000000019>.
17. So A., Thorens B. Uric acid transport and disease. *The Journal of Clinical Investigation*. 2010; 120(6): 1791–9. <https://doi.org/10.1172/JCI42344>.
18. Mehdipour M., Etienne J., Liu C., Mehdipour T., Kato C., Conboy M., Conboy I., Kiproff D.D. Attenuation of age-elevated blood factors by repositioning plasmapheresis: A novel perspective and approach. *Transfusion and Apheresis Science*. 2021; 60(3): 103162. <https://doi.org/10.1016/j.transci.2021.103162>.
19. Gilmutdinova I.R., Kudryashova I.S., Kostromina E.Yu., Yakovlev M.Yu., Yafarova I.Kh., Gilmutdinov R.G., Kaverina I.A., Ershov A.V., Isaev A.N., Moskalev A.A. Modern Approaches to Diagnostics and Correction of Aging. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2021; 20(6): 96–102. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-6-96-102> (In Russ.).
20. Ostrakhovitch E.A., Tabibzadeh S. Homocysteine and age-associated disorders. *Ageing Research Reviews*. 2019; (49): 144–164. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2018.10.010>.
21. Guo S.M., Liu Y.T., He S.R., Wu M.S., Tseng W.T., Wu R.C., Wu I.C. Differential relationship of uric acid to mortality and clinical biomarkers of aging according to grip strength in older adults: a cohort study. *Ageing*. 2021; 13(7): 10555–10583. <https://doi.org/10.18632/ageing.202820>.

## Особенности работоспособности отдельных групп мышц и наличие функциональных асимметрий у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов: оригинальное исследование

 Федулова Д.В.<sup>1,\*</sup>,  Бердюгин К.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> ГАУЗ СО Центр специализированных видов медицинской помощи «Уральский институт травматологии и ортопедии имени В.Д. Чаклина», Екатеринбург, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Каждый вид спорта, с учетом регулярности тренировочной деятельности, влияет на развитие опорно-двигательного аппарата, мышечной системы и может быть причиной функциональных двигательных асимметрий. Циклические виды спорта, которые в своей основе имеют многократное повторение двигательного действия, при формировании доминирующей стороны тела для успешного выполнения двигательного акта могут быть предпосылками к развитию дисбаланса работы мышц и появлению типичных спортивных травм и заболеваний. Ввиду данных особенностей актуальность приобретает ранняя диагностика спортсменов по формированию двигательных асимметрий, чтобы оценить их степень влияния на работу всего организма, создать условия и методическую базу для их коррекции.

**ЦЕЛЬ.** Выявление функциональных двигательных асимметрий у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов, анализ работы мышц на предмет их силы и выносливости.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** В статье проанализированы результаты диагностики детей в возрасте 12–13 лет, занимающихся легкой атлетикой ( $n = 17$ ) и лыжными гонками ( $n = 18$ ). Тестирование проводилось на базе государственного автономного учреждения Свердловской области «Спортивная адаптивная школа паралимпийского и сурдлимпийского резерва» (г. Екатеринбург) на многофункциональном тренажере Humac Norm (США). Исследовались мышцы верхних и нижних конечностей в концентрическом режиме работы.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** У спортсменов специализации «лыжные гонки», соревнующихся на дистанциях 3 и 5 км, выявлены двигательные асимметрии мышц сгибания и разгибания бедра. Показатели мышц отведения плеча и мышц передней поверхности бедра близки к дефициту. У легкоатлетов, бегающих на средние дистанции, не выявлено асимметричной работы организма. По показателям силы и выносливости мышц спортсмены специализации «легкая атлетика» продемонстрировали более высокие показатели по большинству исследуемых мышц.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** В дальнейшем исследование планируется продолжить с дополнением данных динамической диагностикой, анализом показателей использования мышц в беге и ходьбе и корреляцией значений с изокинетическим тестированием и постуральной диагностикой визуальных нарушений.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** двигательные асимметрии, сила мышц, выносливость мышц, легкая атлетика, лыжные гонки, циклические виды спорта, функциональное тестирование, Humac Norm.

**Для цитирования / For citation:** Федулова Д.В., Бердюгин К.А. Особенности работоспособности отдельных групп мышц и наличие функциональных асимметрий у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов: оригинальное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):75-81. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-75-81>. [Fedulova D.V., Berdyugin K.A. Individual Muscle Groups Performance Capacity Features and Presence of Functional Asymmetries in Cross-Country Skiers and Runners: an Original Article. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):75-81. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-75-81> (In Russ.).]

\***Для корреспонденции:** Федулова Дарья Владимировна, E-mail: [d.v.fedulova@urfu.ru](mailto:d.v.fedulova@urfu.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7289-3328>

Статья получена: 06.02.2023

Поступила после рецензирования: 03.03.2023

Статья принята к печати: 19.04.2023

# Individual Muscle Groups Performance Capacity Features and Presence of Functional Asymmetries in Cross-Country Skiers and Runners: an Original Article

 Darya V. Fedulova<sup>1,\*</sup>,  Kirill A. Berdyugin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural Institute of Traumatology and Orthopedics, Yekaterinburg, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Each sport, given the regularity of the training activity, affects the development of the musculoskeletal system and the muscular system and may cause functional motor asymmetries. Cyclical sports based on the repetition of the motor action, while forming the dominant side of the body for the successful implementation of a motor act, can be prerequisites for the development of an imbalance in muscle work and the appearance of typical sports injuries and diseases. In view of these features, early diagnostics of athletes on the formation of motor asymmetries becomes relevant in order to assess their degree of influence on the work of the whole body, to create conditions and methodological basis for their correction.

**AIM.** To identify functional motor asymmetries in cross-country skiers and runners, to analyze the work of muscles in terms of their strength and endurance.

**MATERIALS AND METHODS.** The article analyzes the results of diagnostics of children aged 12–13 years old involved in athletics (n = 17) and cross-country skiing (n = 18). Testing was carried out on the basis of the state autonomous institution of the Sverdlovsk region "Adaptive Paralympic and Deaflympic Reserve Sports School" (Yekaterinburg) on the Humac Norm (USA) multifunctional simulator. The muscles of the upper and lower extremities were studied in a concentric mode of operation.

**RESULTS AND DISCUSSION.** Motor asymmetries in hip flexion and extension muscles was revealed in cross-country skiers competing at 3 km and 5 km. Abduction and anterior thigh muscles were close to deficits. No asymmetric body work was detected in middle-distance runners. In terms of muscle strength and endurance, track and field athletes demonstrated higher performance in most of the studied muscles.

**CONCLUSION.** In the future, the study is planned to continue by supplementing the data with dynamic diagnostics, analysis of indicators of muscle use in running and walking, and correlation of values with isokinetic testing and postural diagnostics of visual impairments.

**KEYWORDS:** motor performance, muscle strength, physical endurance, performance capacity, athletes, skiing, endurance sports, functional test, Humac Norm.

**For citation:** Fedulova D.V., Berdyugin K.A. Individual Muscle Groups Performance Capacity Features and Presence of Functional Asymmetries in Cross-Country Skiers and Runners: an Original Article. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 75-81. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-75-81> (In Russ.).

\***For correspondence:** Darya V.Fedulova, E-mail: [d.v.fedulova@urfu.ru](mailto:d.v.fedulova@urfu.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7289-3328>

**Received:** 06.02.2023

**Revised:** 03.03.2023

**Accepted:** 19.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Циклические виды спорта имеют своей особенностью многократное повторение двигательных циклов, воспроизводящих однотипные действия. В результате спортивная специализация своей направленностью может существенно влиять на развитие опорно-двигательного аппарата и формирование функциональных двигательных асимметрий.

В своем исследовании мы решили сравнить работу верхних и нижних конечностей у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов, так как у этих видов спорта много общего: с одной стороны, в совершении двигательных действий участвуют и верхние, и нижние конечности, благодаря чему можно изучать целостность влияния вида спорта на симметричность развития

опорно-двигательного аппарата; с другой стороны, основная нагрузка при выполнении двигательного цикла накладывается на нижние конечности, можно наблюдать развитие устойчивости суставов и зависимость техники передвижения на мышечный дисбаланс; также оба вида спорта требуют хорошо развитых координационных способностей, благодаря чему можно анализировать развитие постральной устойчивости и биомеханических динамических асимметрий.

Анализ научно-исследовательской литературы выявил следующие проблемные зоны у спортсменов данных специализаций:

— в легкой атлетике — дисбаланс в работе мышц голени [6, 7] и мышц бедра [1], что приводит к нагрузочным травмам и заболеваниям: «колени бегуна» (пателлофемо-

ральный болевой синдром) [4, 5, 12], травмы голеностопного сустава, боли в районе надкостницы [11]. Плотников С.Г. в своем исследовании спортсменов-легкоатлетов высокого класса сообщает о преимущественных болях в правой ноге (35 случаев из 39) по отношению к левой [9];

— в лыжных гонках — дисбаланс в работе трапецевидной мышцы [10], ягодичных мышц (боли по ходу седалищного нерва), поясничного отдела позвоночника [10, 13], нарушение развития свода стопы [2, 8].

У лыжников двигательные асимметрии чаще всего связаны с ведущей стороной и наличием одностороннего преобладания [3, 8, 10].

## ЦЕЛЬ

Выявление функциональных двигательных асимметрий у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов, анализ работы мышц на предмет их силы и выносливости.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе государственного автономного учреждения Свердловской области «Спортивная адаптивная школа паралимпийского и сурдлимпийского резерва» на биомеханической лечебно-диагностической системе Humac Norm (CSMi Medical Solutions, США). В нем приняли участие 35 детей в возрасте 12–13 лет, занимающихся легкой атлетикой и не имеющих ограничения в состоянии здоровья (17 детей: 7 мальчиков, 10 девочек) и лыжными гонками (18 детей: 9 мальчиков, 9 девочек), из детско-юношеской спортивной школы № 19 «Детский стадион». Диагностика проводилась среди легкоатлетов-бегунов, которые соревнуются на средних дистанциях (200 м, 400 м, 800 м), и лыжников-гонщиков, которые в основном соревнуются на дистанциях 3 км и 5 км. Уровень спортивного мастерства исследуемых — юношеские и взрослые спортивные разряды. Средний срок занятий  $3,1 \pm 0,46$  года.

На многофункциональном тренажере Humac Norm (рис. 1) тестировались мышцы передней и задней поверхности бедра, мышцы разгибания и сгибания бедра, мышцы отведения и приведения плеча, мышцы разгибания и сгибания плеча. Данные мышечные комплексы были выбраны, чтобы получить целостное представление по работе опорно-двигательного аппарата основных больших мышечных групп.

Тестирование проводилось в концентрическом режиме мышечной работы в разных исходных положениях: мышцы передней и задней поверхности бедра тестировались в положении сидя, мышцы разгибания/сгибания бедра тестировались в положении лежа на спине; мышцы разгибания/сгибания и отведения/приведения плеча — в положении лежа на спине. Мышцы нижних конечностей тестировались с угловой скоростью на тренажере в 45 Гр/с, мышцы верхних конечностей — при угловой скорости на тренажере 30 Гр/с. Уровень дефицита мышц по исследуемым показателям выявлялся при повышении допустимого порога в 20 %, установленного протоколом системы. Перед выполнением тестирования спортсмены выполняли суставную разминочную гимнастику. При расположении тестируемого на диагностической системе Humac Norm было выполнено 5 пробных движений для адаптации к тесту в каждом исследуемом положении.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средние значения силовых показателей мышц представлены на рис. 2. Самые высокие данные среди всех исследуемых мышц выявляются по мышцам разгибания бедра и далее по мышцам передней поверхности бедра. Спортсмены-легкоатлеты демонстрируют показатели выше, чем спортсмены-лыжники по большинству мышц. Наибольшие различия между группами выявлены по мышцам разгибания ( $p = 0,072$ ) и сгибания бедра ( $p = 0,006$ ). Статистическая достоверность различий выявлена только по мышцам сгибания бедра.



**Рис. 1.** Биомеханическая лечебно-диагностическая система Humac Norm (CSMi Medical Solutions, США)  
**Fig. 1.** Biomechanical treatment and diagnostic system Humac Norm (CSMi Medical Solutions, USA)

Спортсмены-лыжники, в свою очередь, представляют более высокие показатели по мышцам передней поверхности бедра, мышцам отведения и разгибания плеча, что соответствует влиянию техники передвижения в спортивной специализации. Однако данные различия минимальны по отношению к лыжникам-гонщикам и статистически недостоверны.

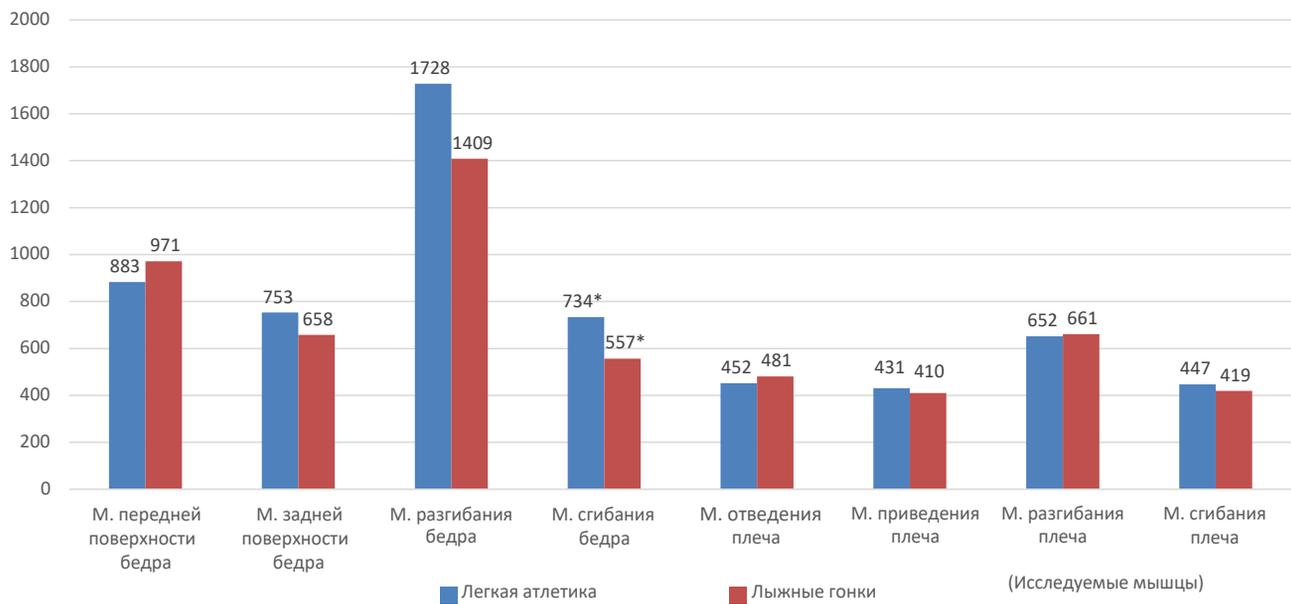
Показатели выносливости мышц (рис. 3) также наибольшую разницу выявляют по мышцам нижних конечностей, особенно по мышцам разгибания бедра. Мышцы верхних конечностей демонстрируют равные значения.

У лыжников-гонщиков сильнее в выносливости мышцы передней поверхности бедра и мышцы отведения

плеча, остальные показатели выше у легкоатлетов-бегунов.

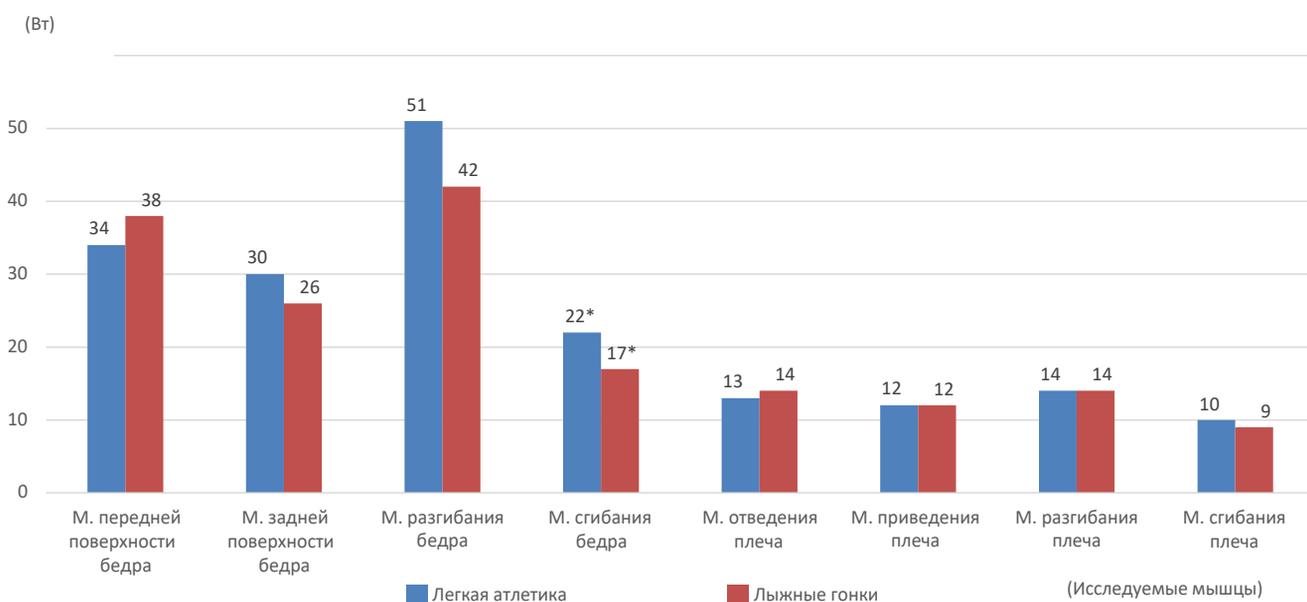
Для выявления функциональных асимметрий были рассмотрены показатели дефицита по силе и выносливости мышц (табл. 1). В норме допустимым значением дефицита силы и выносливости мышц одной стороны тела в отличие от другой является показатель 20, который подразумевает небольшое преобладание результатов ведущей руки, опорной/толчковой ноги. Результаты выше данного значения свидетельствуют об асимметрии.

У легкоатлетов-бегунов в возрасте 12–13 лет не выявлено мышечной асимметрии ни по силе, ни по выносливости мышц. Мышцы передней поверхности бедра ( $18,09 \pm 5,21$ )



**Рис. 2.** Силовые показатели работы мышц (Н\*м)  
**Fig. 2.** Strength indicators of muscle work (N\*m)

**Примечание / Note:** \* —  $p \leq 0,05$ .



**Рис. 3.** Показатели выносливости мышц (Вт)  
**Fig. 3.** Muscle endurance indicators (W)

**Примечание / Note:** \* —  $p \leq 0,05$ .

близки к различиям дефицита, однако на данном этапе находятся в зоне допустимых значений нормы.

У лыжников-гонщиков по силе дефицит выявлен у мышц сгибания бедра ( $27,69 \pm 3,38$ ), мышц разгибания бедра ( $20,63 \pm 3,12$ ); показатели мышц отведения плеча ( $19 \pm 2,74$ ) и мышц передней поверхности бедра ( $18 \pm 3,22$ ) близки к асимметрии. Мышцы сгибания бедра также асимметричны в показателе выносливости ( $26,75 \pm 3,53$ ).

Наибольшие отличия между группами данных спортивных специализаций отражаются в мышцах сгибания бедра: у легкоатлетов данный показатель самый низкий ( $4,82 \pm 1,68$ ), у лыжников — самый высокий ( $27,69 \pm 3,38$ ).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в статье представлена сравнительная диагностика работоспособности отдельных групп

**Таблица 1.** Средние показатели дефицита по силе и выносливости мышц,  $M \pm m$

**Table 1.** Average indicators of deficiency in strength and muscle endurance,  $M \pm m$

Исследуемые мышцы / Muscles under study	Специализация / Specialization	Дефицит по силе мышц / Deficiency in muscle strength	Дефицит по выносливости мышц / Muscle endurance deficiency
Мышцы передней поверхности бедра / Muscles of the anterior thigh	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$18,09 \pm 5,21$	$17,91 \pm 5,11$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$18 \pm 3,22$	$17,13 \pm 3,11$
Мышцы задней поверхности бедра / Muscles of the back of the thigh	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$12,73 \pm 4$	$14,82 \pm 4,03$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$10,13 \pm 3,14$	$10,5 \pm 3,1$
Мышцы разгибания бедра / Muscles of the hip extension	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$14,45 \pm 3,11$	$13,73 \pm 3,58$
	Лыжные гонки Cross-country skiing (n = 18)	$20,63 \pm 3,12$	$19,19 \pm 3,4$
Мышцы сгибания бедра / Muscles of hip flexion	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$4,82 \pm 1,68$	$4,73 \pm 1,61$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$27,69 \pm 3,38^*$	$26,75 \pm 3,53^*$
Мышцы отведения плеча / Shoulder abductor muscles	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$16,82 \pm 3,4$	$18,91 \pm 3,51$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$19 \pm 2,74$	$18,81 \pm 2,97$
Мышцы приведения плеча / Adductor muscles of the shoulder	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$14,27 \pm 3,32$	$13,64 \pm 2,99$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$12,94 \pm 2,76$	$14,38 \pm 3,26$
Мышцы разгибания плеча / Shoulder extension muscles	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$14,91 \pm 2,18$	$17,91 \pm 3$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$13,75 \pm 2$	$13,13 \pm 2,46$
Мышцы сгибания плеча / Shoulder flexor muscles	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$13,55 \pm 2,81$	$13,73 \pm 2,95$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$15,25 \pm 2,51$	$17,13 \pm 3,16$

**Примечание:\*** —  $p \leq 0,05$  изменения достоверны относительно специализации «легкая атлетика».

**Notes:\*** —  $p \leq 0.05$  changes are significant in relation to the track and field athletics specialization.

мышц лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов, а также определение наличия функциональных асимметрий конечностей внутри каждой исследуемой группы.

Так, наибольшее влияние спортивной специализации на работу опорно-двигательного аппарата накладываю-ют лыжные гонки. У спортсменов в возрасте 12–13 лет статистически достоверные двигательные асимметрии выявлены по мышцам сгибания (по силе мышц  $27,69 \pm 3,38^*$ ; по выносливости мышц  $26,75 \pm 3,53^*$ ) и разгибания бедра (по силе мышц  $20,63 \pm 3,12$ ) левой и правой конечностей. Показатели мышц отведения плеча и мышц передней поверхности бедра близки к дефициту, находятся на пограничном значении нормы. У легкоатлетов не выявлено асимметрии в работе исследуемых групп мышц.

Диагностика работоспособности отдельных групп мышц между группами данных спортивных специализаций выявила достоверные различия по показателям мышц сгибания бедра ( $p = 0,006$ ), остальные мышечные группы не имеют статистически значимых различий.

Предложенный подход диагностики может использо-ваться также и для оценки эффективности восстанови-тельного лечения спортсменов с учетом их специализа-ции. В дальнейшем исследование планируется продол-жить с дополнением данных динамической диагности-кой, анализом показателей использования мышц в беге и ходьбе и корреляцией значений с изокинетическим тестированием и поструральной диагностикой визуальных нарушений.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Федулова Дарья Владимировна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры сервиса и оздоровительных технологий, Институт физической культуры, спорта и молодежной политики ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

E-mail: d.v.fedulova@urfu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7289-3328>

**Бердюгин Кирилл Александрович**, доктор медицинских наук, профессор РАН, профессор кафедры сервиса и оздоровитель-ных технологий, Институт физической культуры, спорта и моло-дежной политики ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; заместитель директора по научной рабо-те, ГАУЗ СО Центр специализированных видов медицинской по-мощи «Уральский институт травматологии и ортопедии имени В.Д. Чаклина».

E-mail: kiralber73@rambler.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2234-3111>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в со-ответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации).

Наибольший вклад распределен следующим образом: Феду-лова Д.В. — разработка концепции статьи, получение и ана-лиз фактических данных, написание и редактирование текста статьи, статистическая обработка данных, проверка и утверж-дение текста статьи; Бердюгин К.А. — разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, проверка и утверждение текста статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии кон-фликта интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процеду-ры, использованные в данной статье, соответствуют этичес-ким стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ГАУЗ СО «ЦСВМП УИТО им. В.Д. Чаклина», протокол № 3 от 2.12.2022.

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспонди-рующего автора.

### ADDITIONAL INFORMATION

**Daria V. Fedulova**, Ph.D. (Biol.), Associate Professor, Department of Service and Health Technologies, Institute of Physical Culture, Sports and Youth Policy, Ural Federal University.

E-mail: d.v.fedulova@urfu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7289-3328>

**Kirill A. Berdyugin**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Department of Service and Health Technologies, Institute of Physical Culture, Sports and Youth Policy, Ural Federal University; Deputy Director for Research, Center for Specialized Types of Medical Care, Ural Institute of Traumatology and Orthopedics.

E-mail: kiralber73@rambler.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2234-3111>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Fedulova D.V. —

development of the concept of the article, obtaining and analyzing the actual data, writing and editing the text of the article, statistical processing of data, checking and approving the text of the article; Berdyugin K.A. — development of the concept of the article, obtaining and analyzing the actual data, checking and approving the text of the article.

**Funding.** This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Ethics Approval.** The authors state that all the procedures used in this paper comply with the ethical standards of the institutions that carried out the study and comply with the Helsinki Declaration as revised in 2013. The study was supported by the Local Ethics Committee of the Center for Specialized Types of Medical Care, Ural Institute of Traumatology and Orthopedics, (Protocol No. 3, 12.12.2022).

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

## Список литературы / References

1. Andrade M.S., Silva W.A., De Lira C.A.B., Mascarin N.C., Vancini R.L., Nikolaidis P.T., Knechtle B. Isokinetic Muscular Strength and Aerobic Physical Fitness in Recreational Long-Distance Runners: A Cross-Sectional Study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2022; 36(3): 73–80. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003837>.
2. Bahr R., Andersen S., Lken S. et al. Low back pain among endurance athletes with and without specific back loading—a cross-sectional survey of cross-country skiers, rowers, orienteers, and nonathletic controls. *Spine*. 2004; 29(4): 449–54. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000096176.92881.37>.
3. Promsri A., Longo A., Haid T. et al. Leg dominance as a risk factor for lower-limb injuries in downhill skiers—a pilot study into possible mechanisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16(18): 3399. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183399>.
4. Sinclair J., Chockalingam N., Taylor P.J. Lower Extremity Kinetics and Kinematics in Runners with Patellofemoral Pain: A Retrospective Case — Control Study Using Musculoskeletal Simulation. *Applied Sciences*. 2022; 12(2): 585. <https://doi.org/10.3390/app12020585>.
5. Yang C., Best T.M., Lui H. Knee biomechanical factors associated with patellofemoral pain in recreational runners. *The Knee*. 2022; (35): 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2022.02.007>.
6. Абуталимова С.М., Костиук Е.В., Корягина Ю.В. Применение роботизированного комплекса CON-TREX для диагностики и коррекции дисбаланса мышц голени у спортсменов легкоатлетов. Современные вопросы биомедицины. 2018; 2(4): 63–68. [Abutalimova S.M., Kostjuk E.V., Koryagina Yu.V. The Use of the Robotic Complex Con-Trex Mj for the Diagnosis and Correction of an Imbalance of Leg Muscles in Athletes Athletes. *Issues of Biomedicine*. 2013; 2(4): 63–68 (In Russ.)]
7. Епишев В.В., Рябина К.Е., Исаев А.П., Эрлих В.В. Постуральный баланс у легкоатлетов-бегунов на средние дистанции. Российский журнал биомеханики. 2017; 21(2): 166–177. [Epishev V.V., Ryabina K.E., Isaev A.P., Erlich V.V. Postural Balance in Middle-Distance Runners. *Russian Journal of Biomechanics*. 2017; 21(2): 166–177 (In Russ.)]
8. Игнатьева Л.Е., Четаикина О.В. Исследование функциональной моторной асимметрии лыжников-гонщиков в аспекте профилактики травматизма. Вестник спортивной науки. 2020; (1):18–21. [Ignatyeva L.E., Chetaykina O.V. Research of Functional Motor Asymmetry of Ski-Racers in the Aspect of Prevention of Injuries. *Sports Science Bulletin*. 2020; (1): 18–21 (In Russ.)]
9. Плотников С.Г., Марьяновский А.А. Прогноз травматизма в легкой атлетике с учетом двигательной асимметрии. Теория и практика физической культуры. 2008; (10): 75–80. [Plotnikov S.G., Maryanovskiy A.A. Injury prognosis in athletics with regard to motor asymmetry. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. 2008; (10); 75–80 (In Russ.)]
10. Плотников С.Г., Марьяновский А.А. Функциональное состояние элитных спортсменов-лыжников с учетом двигательной асимметрии. Теория и практика физической культуры. 2007; (1): 42–45. [Plotnikov S.G., Maryanovskiy A.A. Functional state of elite skiers with regard to motor asymmetry. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. 2007; (1):42–45 (In Russ.)]
11. Стрюков М.Г. Особенности травматизма бегунов-студентов, имеющих различный стаж занятий. Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2011; 9 (79): 141–144. [Strjukov M.G. Features of the Traumatism Among the Student-Runners with Various Training Experience. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2011; 9 (79): 141–144 (In Russ.)]
12. Тенькова А.Н., Чуева Т.В., Лукашова К.А. Влияние систематических физических нагрузок на коленные суставы у спортсменов — «колени бегуна». Интегративные тенденции в медицине и образовании. 2021; (3): 79–81. [Tenkova A.N., Chueva T.V., Lukashkova K.A. Influence of systematic physical loads on knee joints in athletes — «runner's knee». *Integrative Tendencies in Medicine and Education*. 2021; (3):79–81 (In Russ.)]
13. Худик С.С., Чикуров А.И., Войнич А.Л., Близнавский А.Ю. Асимметрия конькового хода биатлонистов и методы ее диагностики. Вестник красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2016; 4(38): 143–148. [Khudik S.S., Chikurov A.I., Voinich A.L., Bliznevsky A.Iu. The Asymmetry of Biathletes, Skate Skiing and the Methods to Diagnose It. *The bulletin of KSPU named after V.P. Astafyev*. 2016; 4(38): 143–148 (In Russ.)]

Обзорная статья / Review

УДК: 616.8

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-82-95>

## Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция в терапии центрального постинсультного болевого синдрома: доказательная база эффективности и перспективы. Обзор

 Пойдашева А.Г.\* ,  Зайцевская С.А.,  Бакулин И.С.,  Супонева Н.А.,  Пирадов М.А.

ФГБУ «Научный центр неврологии», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**АКТУАЛЬНОСТЬ.** Центральный постинсультный болевой синдром (ЦПИБС) — синдром нейропатической боли, который возникает из-за поражения центральных отделов соматосенсорной системы вследствие перенесенного нарушения мозгового кровообращения. До половины пациентов не достигают клинически значимого снижения интенсивности боли при использовании антиконвульсантов и антидепрессантов. Альтернативой фармакотерапии являются технологии нейромодуляции. Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (рТМС) — неинвазивный метод нейромодуляции, основанный на способности переменного магнитного поля высокой индукции возбуждать нейроны стимулируемой зоны. Эффект рТМС опосредован через механизмы, схожие с синаптической пластичностью, а также изменение секреции эндогенных опиоидов и дофамина.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЗОРА.** Наиболее эффективной и изученной мишенью для стимуляции является первичная моторная кора, контрлатеральная локализации болевого синдрома. Из других исследованных мишеней значимый эффект показан только для вторичной соматосенсорной коры. Эффект показан для высокочастотных протоколов, тогда как низкочастотная стимуляция неэффективна. Длительность эффекта одной сессии может достигать 3 часов, а серии сессий — нескольких недель. Применение поддерживающих сессий позволяет продлить эффект до 1 года. Клинические характеристики болевого синдрома, параметры внутрикорковых взаимодействий, сохранность таламотортикальных путей могут быть использованы в качестве предикторов эффективности рТМС.

**ВЫВОДЫ.** Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция является перспективным и безопасным методом, имеющим обширную доказательную базу эффективности при ЦПИБС.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** центральный постинсультный болевой синдром, транскраниальная магнитная стимуляция, неинвазивная стимуляция мозга, нейропатическая боль.

**Для цитирования / For citation:** Пойдашева А.Г., Зайцевская С.А., Бакулин И.С., Супонева Н.А., Пирадов М.А. Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция в терапии центрального постинсультного болевого синдрома: доказательная база эффективности и перспективы. Обзор. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):82-95. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-82-95>. [Poydasheva A.G., Zaitsevskaya S.A., Bakulin I.S., Suponeva N.A., Piradov M.A. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Central Post-Stroke Pain Syndrome: Evidence Base and Prospects. A Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 82-95. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-82-95> (In Russ.).]\*

**Для корреспонденции:** Пойдашева Александра Георгиевна, E-mail: [poydasheva@neurology.ru](mailto:poydasheva@neurology.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1841-1177>

Статья получена: 07.03.2023

Поступила после рецензирования: 03.04.2023

Статья принята к печати: 25.04.2023

# Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Central Post-Stroke Pain Syndrome: Evidence Base and Prospects. A Review

 Alexandra G. Poydasheva \*,  Sofiya A. Zaitsevskaya,  Ilya S. Bakulin,  Natalia A. Suponeva,  Michael A. Piradov

Research Center of Neurology, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Central post-stroke pain (CPSP) is a neuropathic pain syndrome that results from damage to the central somatosensory system as a result of a cerebral circulation disorder. Up to half of patients do not achieve a clinically significant reduction in pain intensity when using anticonvulsants and antidepressants. Neuromodulation technologies are an alternative to pharmacotherapy. Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) is a non-invasive neuromodulation method based on the excitation of neurons in the stimulated area induced by a high-induction alternating magnetic field. The effects of rTMS are mediated through synaptic plasticity-like mechanisms, as well as changes in the secretion of endogenous opioids and dopamine.

**OBSERVATIONS.** The most studied and effective rTMS target is the primary motor cortex contralateral to the localization of pain. Among the other studied targets, a significant effect has been shown only for the stimulation of secondary somatosensory cortex. An effect has been demonstrated for high-frequency protocols, while low-frequency rTMS is not effective. The duration of the effect of one session can reach 3 hours, and a series of sessions — up to several weeks. The use of «maintenance» sessions allows extending the effect up to 1 year. Clinical characteristics of the pain syndrome, parameters of intracortical interactions, and preservation of thalamocortical pathways can be used as predictors of rTMS efficacy.

**CONCLUSION.** Repetitive transcranial magnetic stimulation is a promising and safe method that has an extensive evidence base of effectiveness in CPSP.

**KEYWORDS:** central post-stroke pain, transcranial magnetic stimulation, non-invasive brain stimulation, neuropathic pain.

**For citation:** Poydasheva A.G., Zaitsevskaya S.A., Bakulin I.S., Suponeva N.A., Piradov M.A. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Central Post-Stroke Pain Syndrome: Evidence Base and Prospects. A Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):82-95. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-82-95> (In Russ.).

\***For correspondence:** Alexandra G. Poydasheva, E-mail: [alexandra.poydasheva@gmail.com](mailto:alexandra.poydasheva@gmail.com), [poydasheva@neurology.ru](mailto:poydasheva@neurology.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1841-1177>

**Received:** 07.03.2023

**Revised:** 03.04.2023

**Accepted:** 25.04.2023

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Центральный постинсультный болевой синдром (ЦПИБС) — синдром нейропатической боли, который возникает из-за поражения центральных отделов соматосенсорной системы вследствие перенесенного нарушения мозгового кровообращения (ишемического или геморрагического) [1]. ЦПИБС оказывает негативное влияние на качество жизни, успешность восстановления, настроение и качество сна пациентов [2].

Впервые клиническая картина развития интенсивного нейропатического болевого синдрома после перенесенного инсульта была описана французскими неврологами Ж. Дежерин и Г. Русси в 1906 г. при локализации очага в области таламуса в результате тромбоза таламоколленчатой артерии [3]. Первоначально ЦПИБС был ассоциирован только с поражением таламуса, преимущественно области подушки таламуса, заднелатерального и заднемедиального вентральных ядер [4]. Однако в более поздних работах было описано разви-

тие ЦПИБС при поражении латеральных отделов продолговатого мозга, лентиколо-капсулярной зоны, моста мозга, островковой и соматосенсорной коры [1, 5–7]. Частота развития ЦПИБС в течение года после перенесенного инсульта, по разным данным, составляет от 1 до 35 % [2]. Подобный разброс при анализе различных исследований связан, вероятно, с различными критериями диагностики. Противоречивые данные получены относительно зависимости частоты развития ЦПИБС от генеза инсульта (ишемический или геморрагический) и демографических характеристик пациентов [2, 8, 9]. Время развития синдрома после инсульта также сильно отличается, по данным различных исследователей: чаще всего жалобы на возникновение болевого синдрома возникают в течение полугода после инсульта (41 % случаев), однако возможно и более позднее начало — до 10 лет после нарушения мозгового кровообращения (менее 5 % случаев) [1].

Диагностика ЦПИБС основана на определении синдрома нейропатической боли (см. [10]), возникновение

которого связано по времени с перенесенным НМК, при этом локализация боли соматотопически соответствует локализации поражения структур ЦНС при исключении других возможных причин развития боли (например, спастичности или артропатии плечевого сустава). Несколькими авторами предложены диагностические критерии ЦПИБС (например, [8, 11, 12]). Klit и соавт. (2009) предложил наиболее конкретные критерии, которые разделены на обязательные и поддерживающие (табл. 1) [13].

В качестве основных патогенетических механизмов развития ЦПИБС рассматриваются дезингибирование, центральная сенситизация и нарушение корковых взаимодействий [2]. В 1911 г. Г. Хэдом и Г. Холмсом была предложена гипотеза о роли процессов дезингибирования в патогенезе таламического синдрома, основным постулатом которой является развитие вследствие поражения латеральных ядер таламуса, нарушения механизмов коркового контроля, что ведет к гиперактивности таламуса и повышенной реактивности на стимулы [14]. Позже Craig и соавт. (1998), основываясь на этой теории, предложили идею дезингибирования полимодальной ноцицептивной активности вследствие повреждения латерального спиноталамического пути, связанного через заднелатеральные ядра таламуса с теменной и островковой корой, что приводит к растормаживанию медиального спиноталамического пути, связанного с передней поясной корой [15]. Считается, что потеря термосенсорной интеграции вследствие процессов дезингибирования ассоциировано с развитием жгучих болей, характерных для ЦПИБС [16]. Повреждение структур ЦНС приводит к нейрохимиче-

ским и воспалительным изменениям, которые повышают возбудимость нейронов, что, в свою очередь, лежит в основе центральной сенситизации. Деафферентация и потеря ГАМК-ергических нейронов приводит к растормаживанию таламуса и последующей чрезмерной активации кортикальных областей, отвечающих за обработку болевого сигнала [13, 17]. Спонтанная боль при ЦПИБС ассоциирована с гипервозбудимостью структур таламуса и коры.

Кроме того, у пациентов с ЦПИБС получены убедительные доказательства нарушения взаимодействия между латеральной (сенсорно-дискриминационной) и медиальной (эмоционально-аффективной) болевыми системами: в частности, показано увеличение активности структур таламуса и уменьшение активности поясной коры [18]. Перспективными представляются результаты исследования, показавшего связь локализации поражения конкретных ядер таламуса с развитием ЦПИБС, что может быть использовано для прогнозирования развития ЦПИБС. Максимальная конвергенция областей поражения у пациентов, у которых развился ЦПИБС, находилась в области переднего ядра подушки таламуса, тогда как для отсутствия боли зона конвергенции находилась в области заднелатерального вентрального ядра таламуса [19]. Получены интересные данные о нейрохимических изменениях в структурах, осуществляющих процессинг и обработку болевых стимулов. Например, в исследовании с применением позитронно-эмиссионной томографии с радиоактивно меченым лигандом опиоидных рецепторов показано, что у пациентов с ЦПИБС значи-

**Таблица 1.** Критерии диагностики центрального постинсультного болевого синдрома (по [13])

**Table 1.** Diagnostic criteria for central post-stroke pain (see [13])

Обязательные критерии / Essential criteria	Поддерживающие критерии / Supporting criteria
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Боль в области тела, соматотопически соответствующей поражению ЦНС / Pain in the area of the body that somatotopically corresponds to the CNS lesion</li> <li>• Болевой синдром возникает одновременно с нарушением мозгового кровообращения или с некоторой задержкой во времени / Pain syndrome occurs simultaneously with cerebral circulation disorder or with some time delay</li> <li>• Наличие соответствующего соматотопически области поражения подтвержденного очага поражения в ЦНС с помощью нейровизуализационных методов или положительных либо отрицательных сенсорных симптомов / Presence of a confirmed lesion focus in the CNS corresponding to the somatotopic area of the lesion by neuroimaging techniques or positive or negative sensory symptoms</li> <li>• Исключение других причин, объясняющих болевой синдром / Other causes of pain, such as nociceptive or peripheral neuropathic pain, are excluded or considered highly unlikely</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отсутствие прямой связи с движением, воспалением или другим локальным повреждением тканей / No direct relationship to movement, inflammation, or other local tissue damage</li> <li>• Боль описывается пациентами как жжение, покалывание, болезненный холод, электрический ток или давление / Pain described by patients as burning, tingling, painful cold, electric current, or pressure</li> <li>• Аллодиния или дизестезия при тактильной или холодной стимуляции пораженной области / Allodynia or dysesthesia on tactile or cold stimulation of the affected area</li> </ul>

тельно снижено связывание опиоидных рецепторов в задних вентральных ядрах таламуса, околосреднего сером веществе, островковой, вторичной соматосенсорной, задней теменной и поясной коре [20]. С другой стороны, для некоторых из этих зон было продемонстрировано увеличение метаболической активности [21]. Кроме того, неясно, являются ли эти изменения причиной развития ЦПИБС или же следствием реорганизации нейронных сетей, обеспечивающих восприятие и контроль боли.

На настоящий момент первой линией терапии постинсультного болевого синдрома, согласно IASP (International Association for the Study of Pain — Международная ассоциация по изучению боли), являются фармакологические препараты, в частности антиконвульсанты (прегабалин, габапентин, кармабазепин, ламотриджин), СИОЗС и СИОЗСН (флувоксамин, пароксетин, венлафаксин, дулоксетин), трициклические антидепрессанты (амитриптилин). Терапия направлена на облегчение, а не на полное купирование болевого синдрома [22]. Однако до половины пациентов не достигают клинически значимого снижения интенсивности болевого синдрома при применении только фармакотерапии вследствие резистентности или развития побочных эффектов [23]. Ограниченные возможности фармакотерапии определяют актуальность поиска альтернативных методов лечения, например неинвазивной стимуляции мозга, к которой относится и ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (рТМС).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЗОРА

Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) — это метод неинвазивной стимуляции мозга, основанный на принципе электромагнитной индукции: при прохождении электрического тока в катушке создается магнитное поле, импульсы которого безболезненно проходят через кости черепа и прилежащие ткани и генерируют электрическое поле, достаточное для возбуждения нейронов стимулируемого участка коры и формирования потенциала действия [24]. Ритмическая ТМС состоит в нанесении серии стимулов с заданной частотой и оказывает модулирующий эффект на активность стимулируемой области. В зависимости от частоты предъявления стимулов обычно рассматривают две классические парадигмы рТМС, оказывающие разнонаправленные эффекты: низкочастотная рТМС (наиболее часто используется частота 1 Гц), состоящая из непрерывной последовательности одиночных стимулов длительностью 10–30 минут, и высокочастотная рТМС (наиболее часто используют дискретные частоты 5, 10 или 20 Гц), состоящая из пачек (трейнов) стимулов, длительностью 2–10 секунд, разделенных паузами от 20 до 50 секунд [25, 26]. Принято считать, что долговременные эффекты рТМС опосредованы через механизмы, сходные с процессами синаптической пластичности. Высокочастотная рТМС индуцирует процессы, сходные с долговременной потенциацией (long-term potentiation; LTP), повышая возбудимость стимулируемой зоны коры, а низкочастотная рТМС — с долговременной депрессией (long-term depression; LTD), снижая возбудимость коры [22, 23, 27].

Помимо процессов, сходных с долговременной потенциацией или депрессией, в контексте противоболевого эффекта рТМС рассматриваются и другие механизмы,

например влияние на церебральный кровоток, потребление кислорода или на секрецию нейротрансмиттеров [28–31]. В исследовании с применением прямой электрической стимуляции коры мозга было продемонстрировано региональное увеличение кровотока в области таламуса, контрлатеральной локализации болевого синдрома у пациентов с ЦПИБС, ассоциированное с обезболивающим эффектом [28]. Влияние рТМС на нисходящую антиноцицептивную опиоидергическую систему, а также глутаматные рецепторы N-метил-D-аспартата (NMDA) было продемонстрировано в двух исследованиях Ciampi de Andrade и соавт. (2011; 2014), в которых было показано, что на фоне введения налоксона, антагониста опиоидных рецепторов, в первом исследовании, и кетамина, антагониста NMDA-рецепторов, — во втором, наблюдается аналогичное снижение обезболивающего действия рТМС [29, 30]. В других исследованиях было также показано высвобождение дофамина под действием рТМС первичной моторной коры [32, 33].

## Обзор возможностей применения рТМС у пациентов с центральным постинсультным болевым синдромом

Возможности нейромодуляции болевого восприятия определяются обширной сетью корковых и подкорковых структур, опосредующих сенсорно-дискриминационный (латеральная система, состоящая из первичной и вторичной соматосенсорной коры), аффективно-мотивационный (медialная система, в состав которой входят таламус, передняя поясная извилина и островковая кора) и когнитивно-эмоциональный компоненты боли. При этом важным лимитирующим фактором является глубинная локализация большинства этих структур, что ограничивает возможности их стимуляции при использовании «стандартного» восьмеркообразного индуктора для ТМС.

Одной из немногих поверхностно расположенных зон, стимуляция которой вызывает центральную модуляцию процессинга болевой чувствительности, является первичная моторная кора (M1). В пионерской работе 1991 г. Tsubokawa и соавт. продемонстрирована возможность подавления боли при эпидуральной стимуляции этой области у пациентов с таламическим синдромом; впоследствии была показана эффективность этого подхода и при других рефрактерных нейропатических болевых синдромах [34, 35]. Точные механизмы, лежащие в основе модулирующего влияния моторной коры на процессинг боли, неизвестны, однако на основе имеющихся данных нейровизуализационных исследований считается, что обезболивающий эффект стимуляции моторной коры опосредован по крайней мере через два механизма: 1) активация перигенуальной поясной и орбитофронтальной областей может модулировать эмоциональную оценку боли; 2) активация околосреднего серого вещества приводит к нисходящему ингибированию структур заднего рога спинного мозга [36].

Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция может рассматриваться как неинвазивная альтернатива эпидуральной стимуляции моторной коры. Поиск проводился в базе данных PubMed по запросу *poststroke pain AND rTMS*. Далее при оценке резюме статей были ото-

браны те из них, где рассматривалось применение рТМС при ЦПИБС. Публикации, в которых не описан протокол стимуляции (мишень, частота, интенсивность стимуляции, количество сессий за курс) и/или конечные точки, в обзор не включались. Таким образом, в текущий обзор были включены 17 исследований, посвященных применению ритмической транскраниальной магнитной стимуляции в качестве лечения болевого синдрома у пациентов центральным постинсультным болевым синдромом, резуль-

таты которых были опубликованы в базе данных PubMed (табл. 1).

**Основные исследованные мишени для стимуляции**

К настоящему времени именно первичная моторная кора использовалась в качестве мишени для стимуляции в большинстве исследований с применением рТМС для лечения как ЦПИБС, так и других болевых синдромов (невралгия тройничного нерва, позвоночно-спинномозговая

**Таблица 2.** Исследования рТМС у пациентов с ЦПИБС  
**Table 2.** rTMS studies in patients with CPSP

№	Автор, год / Author, year	Дизайн исследования / Study design	Методы оценки боли / Pain assessment	Протокол стимуляции / Stimulation protocol	Результаты / Results
<i>Исследования, в которые были включены только пациенты с ЦПИБС / Studies that included only patients with CPSP</i>					
1	Ojala et al., 2021	РКИ с перекрестным дизайном / Crossover RCT (n = 17)	ЧРС: в течение недели до исследования, до и сразу после рТМС, через 1 месяц после терапии / NRS within a week before the study, before and immediately after rTMS, 1 month later	<b>Мишень / Target:</b> M1, S2 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 10 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 90 % МП / 90 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 10 сессий / 10 sessions	Стимуляция обеих мишеней, а также имитация стимуляции вызывала уменьшение болевого синдрома на 17–20 % непосредственно после окончания стимуляции без значимой разницы между группами / All stimulations showed a short-term effect on pain (17–20 % pain relief), with no difference between M1, S2, or Sham stimulations Только в группе стимуляции S2 сохранялся статистически значимый эффект через 1 мес. / Only rTMS targeted to S2 resulted in a significant pain intensity reduction in 1 month
2	Zhao et al., 2021	РКИ с параллельным дизайном / Parallel RCT (n = 38)	ЧРС, опросник боли МакГилла до, через 3 дня, 1 неделю, 2 недели, 3 недели после рТМС / NRS, McGill Pain Questionnaire before, 3 days, 1 week, 2 weeks, 3 weeks after rTMS	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 10 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 80 % МП (пораженное полушарие) или 100 % МП (непораженное полушарие) / 80 % RMT (affected hemisphere) or 100 % RMT (unaffected hemisphere) <b>Длительность / Duration:</b> 18 сессий / 18 sessions	Значимое снижение интенсивности боли по обеим шкалам в основной группе, максимум на 7-й день / Significant decrease in pain intensity on both scales in the active group, maximum on the 7th day В группе имитации стимуляции отсутствие значимого эффекта / No significant effect in the sham stimulation group
3	Lin et al., 2018	ОИ / OT (n = 7)	ВАШ до и после рТМС, далее через 2, 4, 6, 8 недель / VAS before and after rTMS, then in 2, 4, 6, 8 weeks	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 10 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 90 % МП / 90 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 10 сессий / 10 sessions	Значимое снижение интенсивности боли (от 25,0 % до 66,7 %) продолжительностью до 8 недель / Significant reduction in pain intensity (from 25.0 % to 66.7 %) lasting up to 8 weeks
4	Kobayashi et al., 2015	ОИ / OT (n = 18)	ВАШ до начала и после каждой сессии рТМС / VAS before and after each rTMS session	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 5 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 90 % АМП / 90 % AMT <b>Длительность / Duration:</b> 1 этап: 2 сессии, 2 этап — 12 сессий / Stage 1: 2 sessions, Stage 2 — 12 sessions	1-й этап: значимое снижение балла по ВАШ после активной стимуляции, по сравнению с имитацией стимуляции / Stage 1: a significant decrease in the VAS score after active stimulation compared to sham stimulation 2-й этап: значимое снижение баллов по ВАШ начиная с 3-й недели стимуляции / Stage 2: a significant decrease in VAS scores from the third week of stimulation
5	de Oliveira et al., 2014	РКИ с параллельным дизайном / Parallel RCT (n = 21)	ВАШ до начала стимуляции, после каждой сессии, далее через 1, 2, 4 недели / VAS before stimulation, after each session, then after 1, 2, 4 weeks	<b>Мишень / Target:</b> левая ДЛПФК / left DLPFC <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 10 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 120 % МП / 120 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 10 сессий / 10 sessions	Отсутствие значимого отличия динамики интенсивности боли в основной группе, по сравнению с контролем во всех временных точках / No significant difference in the dynamics of pain intensity in the active group compared to sham at all time points

№	Автор, год / Author, year	Дизайн исследования / Study design	Методы оценки боли / Pain assessment	Протокол стимуляции / Stimulation protocol	Результаты / Results
6	Hasan et al, 2014	ОИ / OT (n = 14)	ЧРС ежедневно за 7 дней до начала рТМС и после рТМС еженедельно / NRS daily 7 days before rTMS and weekly after rTMS	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 10 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 80–90 % МП / 80–90 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 5 сессий / 5 sessions	Значимое снижение интенсивности в среднем на 10 %, сохранявшееся до 4 недель. Один пациент отметил усиление боли / Significant decrease in intensity by an average of 10 %, which persisted up to 4 weeks. One patient reported increased pain
7	Matsumura et al, 2013	РКИ с перекрестным дизайном / Crossover RCT (n = 20)	ВАШ до и после рТМС, далее через 60, 120, 180, 240, 300 мин и 24 часа / VAS before and after rTMS, then in 60, 120, 180, 240, 300 minutes and 24 hours	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 5 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 100 % МП (непораженное полушарие) / 100 % RMT (unaffected hemisphere) <b>Длительность / Duration:</b> 1 сессия / 1 session	Значимое снижение интенсивности боли в активной группе, по сравнению с имитацией стимуляции длительностью до 300 мин / Significant reduction in pain intensity in the active group compared to sham stimulation up to 300 minutes Снижение оценки по ВАШ более чем на 30 % у 11 из 20 пациентов / Decreased VAS score by more than 30 % in 11 (55 %) of 20 patients
8	Hosomi et al., 2013 (a)	ОИ / OT (n = 21)	ВАШ до и после рТМС / VAS before and after rTMS	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 5 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 90 % МП / 90 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 1 сессия / 1 session	У 8 из 21 пациента снижение боли не менее 30 % / Decreased VAS score by more than 30 % in 8 of 21 patients
9	Ohn et al, 2012	ОИ / OT (n = 22)	ВАШ до начала терапии, после 5 дней и через 2 недели / VAS before rTMS, in 5 days and 2 weeks	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 10 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 90 % МП / 90 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 5 сессий / 5 sessions	У 14 пациентов терапия эффективна, у 8 – нет / rTMS is effective in 14 of 22 patients Значимое снижение интенсивности боли длительностью до 2 недель / Significant reduction in pain intensity lasting up to 2 weeks Эффект связан с целостностью таламокортикального тракта / The effect is associated with the integrity of the thalamocortical tract
10	Goto et al. 2008	ОИ / OT (n = 17)	ВАШ до и после рТМС / VAS before and after rTMS	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 5 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 90 % МП / 90 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 1 сессия / 1 session	У 8 из 21 пациента снижение боли превышает 30 %, у одного пациента — усиление боли / In 8 of 21 patients pain reduction was more than 30 %, in one patient pain worsened Эффект связан с целостностью таламокортикального и кортикоспинального трактов / The effect is associated with the integrity of the thalamocortical and corticospinal tract
<b>Исследования, в которые были включены пациенты с различными синдромами нейропатической боли, включая ЦПИБС / Studies that included patients with various neuropathic pain syndromes, including CPSP</b>					
1	Galhardoni et al., 2019	РКИ с параллельным дизайном / Parallel RCT (n = 98)	ЧРС: до начала рТМС, после 5 сессий, далее — после 4-й, 8-й, 12-й недели / NRS before rTMS, after 5 sessions, then after the 4th, 8th, 12th weeks	<b>Использована глубокая рТМС (deep rTMS)</b> <b>Мишень / Target:</b> PSI, ACC <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 10 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 90 % МП / 90 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 16 сессий / 16 sessions	Значимых отличий в изменении болевого синдрома между группами не показано ни в одной временной точке / No significant differences in the pain intensity between groups at any time point В группе активной стимуляции ACC: значимое снижение тревожности / Significant reduction in anxiety in the active ACC stimulation В группе активной PSI: значимое изменение порогов температурной чувствительности / Significant change in temperature sensitivity thresholds in the active PSI group
2	Quesada et. al, 2018	ОИ / OT (n = 71)	Процент снижения интенсивности боли (%R), длительность снижения боли (DPR), ЧРС / Percentage of pain reduction (%R), duration of pain reduction (DPR), NRS	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 20 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 80 % МП / 80 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 15 сессий / 15 sessions	В среднем после первых 4 сеансов снижение боли составило 28 %, а длительность противоболевого эффекта — 11 дней / On average, pain reduction was 28 % after the first 4 sessions, and the duration of the analgesic effect was 11 days У 43 из 71 пациента интенсивность боли уменьшилась более чем на 30 % / In 43 of 71 patients, pain intensity decreased by more than 30 %

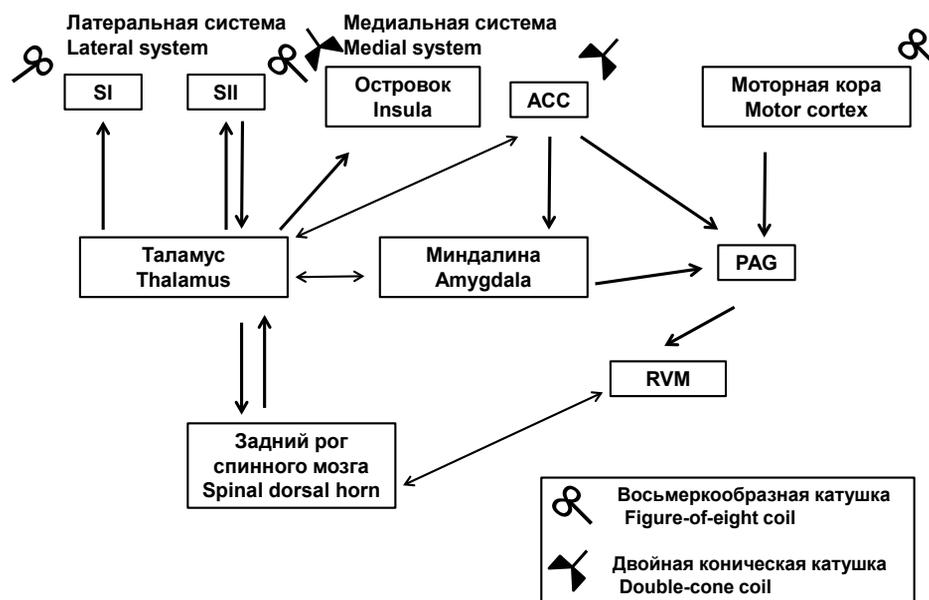
№	Автор, год / Author, year	Дизайн исследования / Study design	Методы оценки боли / Pain assessment	Протокол стимуляции / Stimulation protocol	Результаты / Results
3	Hosomi et al., 2013(b)	РКИ с перекрестным дизайном / Crossover RCT (n = 64)	ВАШ, опросник боли МакГилла за день до рТМС, далее ежедневно до 29-го дня / VAS, McGill Pain Questionnaire the day before rTMS, then daily — until the 29th day	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 5 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 90 % МП / 90 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 10 сессий / 10 sessions	Значимый краткосрочный обезболивающий эффект (в день стимуляции) в активной группе по сравнению с имитацией стимуляции без эффекта накопления / Significant short-term analgesic effect (on the day of stimulation) in the active group compared to sham stimulation without accumulation effect
4	Saitoh et al., 2007	РКИ с перекрестным дизайном / Crossover RCT (n = 13)	ВАШ до и после рТМС (через 15, 30, 60, 90 и 180 мин) / VAS before and after rTMS (in 15, 30, 60, 90 and 180 minutes)	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 1, 5 10 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 90 % МП / 90 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 1 сессия / 1 session	Стимуляции с частотой 5 и 10 Гц значительно уменьшают выраженность болевого синдрома по сравнению с имитацией стимуляции с длительностью эффекта не менее 180 мин / 5 Hz and 1-Hz stimulations significantly reduce pain level compared to sham stimulation with an effect duration of at least 180 minutes Эффект стимуляции с частотой 1 Гц незначим при сравнении с имитацией стимуляции / 1 Hz stimulation had no significant effect compared to sham Группа с ЦПИБС: значимое уменьшение выраженности болевого синдрома по сравнению с имитацией стимуляции, только сразу после рТМС / CPSP group: significant reduction of pain intensity compared to sham stimulation only immediately after rTMS
5	Hirayama et al., 2006	РКИ с перекрестным дизайном / Crossover RCT (n = 20)	ВАШ до и после рТМС (через 15, 30, 60, 90 и 180 мин) / VAS before and after rTMS (in 15, 30, 60, 90 and 180 minutes)	<b>Мишень / Target:</b> M1, S1, preM, SMA <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 5 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 90 % МП / 90 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 1 сессия / 1 session	Значимый эффект, продолжительностью до 3 ч, только после стимуляции M1 Эффект при стимуляции других мишеней незначим, по сравнению с имитацией стимуляции / Significant effect, lasting up to 3 hours is shown only after M1 stimulation Effect is not significant compared to sham stimulation when stimulating other targets
6	Khedr et al., 2005	РКИ с параллельным дизайном / Parallel RCT (n = 48)	ВАШ до начала, после 1-, 4- и 5-й сессий рТМС и через две недели / VAS before, after 1st, 4th and 5th rTMS sessions and two weeks later	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 20 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 80 % МП / 80 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 5 сессий / 5 sessions	Значимое снижение интенсивности боли в группе активной стимуляции по сравнению с имитацией стимуляции, в течение не менее 2 недель после окончания стимуляции / Significant reduction in pain intensity in the active group compared to sham stimulation for at least 2 weeks
7	Lefaucheur et al., 2001	РКИ с перекрестным дизайном / Crossover RCT (n = 14)	ВАШ с 1 по 12 день после рТМС / VAS from days 1 to 12 after rTMS	<b>Мишень / Target:</b> M1 <b>Частота стимуляции / Frequency:</b> 10 <b>Интенсивность / Intensity:</b> 80 % МП / 80 % RMT <b>Длительность / Duration:</b> 1 сессия / 1 session	Значимое снижение интенсивности болевого синдрома в группе активной стимуляции по сравнению с имитацией стимуляции, длительностью до 8 дней. Снижение суточного балла по ВАШ более чем на 30 % у 8 из 14 пациентов после активной стимуляции / Significant reduction in pain intensity in the active group compared to sham stimulation for up to 8 days. A decrease in the daily VAS score by more than 30 % was observed in 8 of 14 patients in after active stimulation

**Примечание:** АМП — активный моторный порог, ВАШ — визуальная аналоговая шкала, ДЛПФК — дорсолатеральная префронтальная кора, M1 — первичная моторная кора, МП — моторный порог покоя, ОИ — открытое исследование, РКИ — рандомизированное контролируемое исследование, ЧРШ — числовая рейтинговая шкала, АСС — передняя поясная кора, preM — премоторная кора, PSI — задняя верхняя островковая область, SMA — дополнительная моторная кора, S1 — первичная соматосенсорная кора, S2 — вторичная соматосенсорная кора.

**Note:** ACC — anterior cingulate cortex, AMT — active motor threshold, DLPFC — dorsolateral prefrontal cortex, M1 — primary motor cortex, NRS — numeric rating scale, OT — open trial, preM — premotor cortex, PSI — posterior superior insula, RCT — randomized controlled study, RMT — resting motor threshold, SMA — supplementary motor area, preM — primary somatosensory cortex, S2 — secondary somatosensory cortex, VAS — visual analog scale.

травма, радикулопатия, фибромиалгия и другие), например [44, 52, 54, 55]. Помимо первичной моторной коры опубликованы единичные исследования эффективности рТМС других зон, участвующих в процессинге болевой чувствительности или аффективной оценке болевых

стимулов, таких как первичная и вторичная соматосенсорная кора, премоторная и дополнительная моторная кора, дорсолатеральная префронтальная кора, задняя верхняя островковая область и передняя поясная кора (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема взаимоотношения корковых и подкорковых структур, участвующих в процессинге и обработке боли, модуляция которых с помощью рТМС изучалась у пациентов с ЦПИБС (по [36] с изм.)

**Fig. 1.** Scheme of the interrelation between cortical and subcortical structures involved in pain processing, the modulation of which by rTMS was studied in patients with CPSP (according to [36], rev.)

**Примечание:** ACC — передняя поясная кора, PAG — околосредовое серое вещество, RVM — ростральная вентромедиальная область продолговатого мозга, SI — первичная соматосенсорная кора, SII — вторичная соматосенсорная кора.

**Note:** ACC — anterior cingulate cortex, PAG — periaqueductal gray matter, RVM — rostral ventromedial medulla, SI — primary somatosensory cortex, SII — secondary somatosensory cortex.

Для выбора мишени непосредственно в границах моторной коры предложены две основные стратегии: стимуляция коркового двигательного представительства региона локализации боли или стимуляция коркового двигательного представительства кисти вне зависимости от локализации болевого синдрома [56]. В контексте исследований эффективности рТМС при ЦПИБС в разных работах использованы обе стратегии, например: в работах Hasan и соавт. (2014) [43] и Kobayashi и соавт. (2015) [41] для стимуляции использовались зона кисти и зона ноги, а в работе Hosomi и соавт. (2013b) [49] и зона лица (в зависимости от локализации максимально интенсивной боли), тогда как в работах Khedr и соавт. (2005) [52] и Quesada и соавт. (2018) [40] всем пациентам проводилась стимуляция зоны кисти. Следует отметить, что использование зон, соматотопически соответствующих локализации боли, в ряде случаев затруднено вследствие невозможности регистрации достоверного ВМО (например, при стимуляции зоны лица или ноги), а также из-за болевых пароксизмов, провоцируемых сокращениями мышц в зоне боли. При этом значимых отличий в эффективности того или иного подхода не отмечено. Предложен подход, предполагающий во всех случаях начинать стимуляцию с двигательной зоны кисти, в дальнейшем

при отсутствии клинического эффекта мишень для стимуляции может быть смещена вдоль моторной полоски более латерально или медиально (зона лица и ноги соответственно), в зависимости от локализации болевого синдрома [25].

Опубликовано также несколько работ, исследовавших эффективность стимуляции немоторных мишеней. В наиболее ранней работе Hirayama и соавт. (2006) была исследована эффективность одной сессии стимуляции первичной моторной, первичной соматосенсорной, премоторной и дополнительной моторной коры, при этом значимый эффект был показан только для стимуляции зоны M1. Проводились попытки модуляции аффективного компонента хронического болевого синдрома: исследование de Oliveira и соавт. (2014) не показало значимого анальгетического эффекта 10 сессий высокочастотной стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры левого полушария, по сравнению с имитацией стимуляции у пациентов с ЦПИБС. Другим многообещающим подходом к выбору мишени может стать использование так называемой глубокой рТМС (deep rTMS), позволяющей стимулировать не только поверхностно расположенные, но и глубинные зоны мозга. В исследовании Galhardoni и соавт. (2019) с применением специального индуктора в качестве ми-

шеней использовались задняя верхняя островковая область и передняя поясная кора, при этом проводилось 16 сессий стимуляции (бустер в виде 5 последовательных ежедневных сессий, за которыми следовала поддерживающая фаза в виде 11 сессий 1 раз в неделю). В данном исследовании на смешанной группе пациентов, включавших пациентов с ЦПИБС, ни для одной из вышеназванных мишеней не было показано значимого противоболевого эффекта, однако стимуляция поясной коры была ассоциирована с уменьшением тревожности, а стимуляция островковой коры — со снижением порогов температурной чувствительности [48]. Единственной альтернативной мишенью, для стимуляции которой продемонстрирована клиническая эффективность, является вторичная соматосенсорная кора (S2): в недавнем РКИ, проведенном Ojala и соавт. (2021), показано, что только в группе стимуляции зоны S2, но не в группах стимуляции M1 и имитации стимуляции, значимый обезболивающий эффект сохранялся через 1 месяц после окончания 10 сессий рТМС. Важно отметить, что в данном исследовании непосредственно после окончания сессий стимуляции во всех трех группах был отмечен эффект без значимой разницы между группами, что указывает на высокую значимость эффекта плацебо для данного инструментального воздействия при этой патологии [37].

#### **Иные характеристики протокола стимуляции: частота, интенсивность**

Были исследованы эффекты рТМС с использованием различной частоты стимуляции. В подавляющем большинстве работ использовалась высокочастотная рТМС, что согласуется с современными представлениями о возможности модуляции боли при активации первичной моторной коры. В РКИ Saitoh и соавт. (2007) было показано, что 1 сессия низкочастотной рТМС (частота стимуляции — 1 Гц) первичной моторной коры не оказывает значимого эффекта на выраженность болевого синдрома, по сравнению с имитацией стимуляции у пациентов с различными видами нейропатической боли, включая ЦПИБС. В том же исследовании было продемонстрировано, что 1 сессия высокочастотной рТМС (использовались частоты 5 и 10 Гц) оказывает значимый анальгетический эффект длительностью не менее 3 часов [50]. В двух крупных РКИ была подтверждена эффективность применения рТМС с частотой 5 Гц, при этом в исследовании Matsumura и соавт. (2013) исследовался эффект одиночной сессии [44], тогда как в исследовании Hosomi и соавт. (2013b) проводилось 10 последовательных сессий стимуляции [49]. Также в РКИ показана эффективность применения рТМС с частотой 10 Гц: как одной сессии [53], так и 18 последовательных сессий [38]. Наконец, проводились исследования с использованием частоты 20 Гц: показан значимый обезболивающий эффект серии сессий на смешанной группе пациентов, включавших пациентов с ЦПИБС в РКИ [52], и открытом исследовании [40]. В целом, необходимо отметить, что на настоящий момент не существует четкой гипотезы дифференциации физиологических эффектов различных дискретных частот, используемых в контексте высокочастотной рТМС, а также различных паттернов стимуляции (дли-

на трейна стимулов и межтрейнового интервала). В единственном исследовании, где проводилось прямое сопоставление эффективности 1 сессии высокочастотной рТМС первичной моторной коры с частотами 5 и 10 Гц, данные о наличии значимых отличий эффектов не представлены, однако авторы отмечают, что длительность клинически значимого эффекта (снижение интенсивности боли более чем на 30 % от исходного по визуальной аналоговой шкале) больше при стимуляции с частотой 10 Гц [50].

Помимо частоты стимуляции, важной составляющей протокола, определяющей эффективность и безопасность, является интенсивность стимуляции. В абсолютном большинстве работ использовалась подпороговая стимуляция с интенсивностью 80–90 % моторного порога покоя, например [37, 48, 49, 52]. Одной из технических проблем у пациентов с ЦПИБС может являться отсутствие вызванных моторных ответов (ВМО) в пораженном полушарии вследствие поражения кортикоспинального тракта (КСТ) и, соответственно, невозможность определения моторного порога. В ряде исследования для таких случаев предложено в качестве интенсивности использовать 100 % моторного порога покоя в непораженном полушарии [38, 44]. Лишь в одном исследовании, не продемонстрировавшем значимого анальгетического эффекта, применялась надпороговая стимуляция с интенсивностью 120 % моторного порога покоя [42]. Однако в качестве мишени в данном исследовании была использована дорсолатеральная префронтальная кора, для которой использование подобной интенсивности продемонстрировало высокую эффективность и безопасность у пациентов с депрессивными расстройствами.

Все проведенные исследования могут быть разделены на изучение эффектов одиночной сессии рТМС и оценку кумулятивного эффекта серии сессий рТМС. Большое значение, прежде всего для клинического применения, имеет не только собственно наличие обезболивающего эффекта рТМС, но также его длительность. В наиболее ранних РКИ на смешанных группах пациентов, включавших пациентов с ЦПИБС, был показан значимый обезболивающий эффект одиночной сессии длительностью от 3 часов до 8 дней [50, 51, 53]. В более позднем РКИ у пациентов только с ЦПИБС продолжительность эффекта одной сессии длилась до 5 часов [44]. Результаты исследований кумулятивного эффекта серии сессий рТМС достаточно противоречивы, что, вероятно, обусловлено различиями в применявшихся протоколах (общее количество сессий, частота стимуляции, когорты пациентов и др.). В РКИ, включавшем пациентов с ЦПИБС и невралгией тройничного нерва, был показан значимый анальгетический эффект высокочастотной стимуляции зоны M1, длившийся не менее двух недель [52]. При этом в более позднем РКИ, с еще более гетерогенной выборкой пациентов, помимо пациентов с ЦПИБС, включавшей пациентов с травматической болезнью спинного мозга, повреждениями корешков, фантомными болями, повреждениями периферических нервов, было продемонстрировано отсутствие эффекта накопления [49]. В недавнем РКИ, включавшем только пациентов с ЦПИБС, показана эффективность 18 сессий стимуля-

ции, однако оценка продолжительности эффекта не проводилась [38]. Наконец, опубликовано несколько открытых исследований, где продемонстрирована длительность эффекта (снижение боли более чем на 30 % от исходного уровня) 5 или 10 сессий рТМС до 4 и 8 недель соответственно [39, 43]. В России по данной теме опубликовано лишь несколько публикаций, представляющих собой серии клинических наблюдений [56, 57]. В работе А. Червякова и соавт. (2013) продемонстрирована эффективность 10 сессий высокочастотной (10 Гц) рТМС зоны М1 у двух пациентов, при этом эффект сохранялся в течение 3–4 месяцев [56]. В другом исследовании показано отсутствие клинически значимого эффекта у пациентов с ЦПИБС при применении высокочастотной рТМС на зоны моторной, премоторной коры или их стыка [57].

### **Алгоритмы длительного поддержания эффекта**

Принимая во внимание хроническое течение ЦПИБС, в последнее время обсуждается проведение «поддерживающих» сессий рТМС, которые позволяли бы продлевать эффект в течение длительного времени. Lefaucheur J.P. и Nguyen J.P. (2019) предложили алгоритм для применения рТМС с целью лечения хронического болевого синдрома без уточнения конкретной нозологической единицы, в частности было предложено на первом этапе оценивать эффект рТМС после проведения 6–7 сессий, так называемой «фазы индукции эффекта» или «бустерной фазы», и, при наличии клинически значимого ответа на стимуляцию, на втором этапе переходить к «фазе поддержания», которая заключается в проведении сессий 2 раза в неделю в течение одной недели, далее — 1 раз в неделю на 4-й и 6-й неделях и далее — 1 раз в месяц [25]. При этом возможна модификация «расписания» симуляций в зависимости от индивидуальной длительности эффекта. Применимость подобной схемы была продемонстрирована, например, в крупном исследовании, включавшем 37 пациентов с ЦПИБС, а также пациентов с рассеянным склерозом, сириномиелией, травмой спинного мозга и плечевого сплетения [40]. В качестве «фазы индукции» проводилось 4 сессии рТМС в последовательные дни, а далее — 15 сессий с периодичностью 1 раз в течение 3–4 недель с общей длительностью курса 1 год. При этом противоболевой эффект, достигнутый после первой фазы, сохранялся в течение года. В другом исследовании, включавшем только пациентов с ЦПИБС, проводилось 12 сессий высокочастотной рТМС первичной моторной коры с периодичностью 1 раз в неделю, при этом значимый обезболивающий эффект отмечался начиная с третьей недели [41]. Следует отметить, что дизайн данного открытого исследования гибридный, так как «фаза индукции эффекта» отсутствовала.

Наконец, в крупном РКИ, проводившемся у пациентов с ЦПИБС и травматической болезнью спинного мозга, в «фазу индукции» проводилось 5 последовательных сессий рТМС, а «поддерживающая» фаза была представлена 11 сессиями с периодичностью 1 раз в неделю [48]. В данном исследовании не было показано значимого обезболивающего эффекта ни в один из временных отсчетов, что, вероятно, связано с выбором

альтернативной мишени и не позволяет оценивать эффективность подхода в целом. Таким образом, к настоящему моменту полученные данные недостаточны для четкого суждения об эффективности поддерживающих сессий и алгоритма выбора их периодичности, а этот подход требует дальнейшего изучения.

С учетом высокой вариабельности эффекта и гетерогенности популяции пациентов (локализация очага, интенсивность болей, наличие других сенсорных симптомов) актуальной является задача поиска предикторов эффективности рТМС, то есть отбора пациентов, у которых ожидается высокий или, напротив, низкий клинический эффект стимуляции. В данном направлении опубликовано несколько работ, исследовавших возможности использования нейровизуализационных, нейрофизиологических и клинических данных для прогноза ответа на терапию. В исследовании Kobayashi и соавт. (2015) предпринята попытка прогнозирования эффектов рТМС в зависимости от клинической картины заболевания, в частности продемонстрировано, что у пациентов с тяжелой дизестезией эффект рТМС был меньше, чем у пациентов без признаков дизестезии [41]. В работе Hosomi и соавт. (2013) была исследована связь возбудимости коры и внутрикоровых взаимодействий и эффекта рТМС при ЦПИБС: у пациентов, ответивших на терапию, на исходном уровне внутрикоровая фасилитация (ICF — intracortical facilitation) была ниже, чем у пациентов, не ответивших на терапию, и здоровых добровольцев, и значимо увеличилась после проведения рТМС [45]. Считается, что ICF отражает глутаматергическую нейротрансмиссию интернейронов моторной коры. При этом снижение ICF не было ассоциировано с собственно поражением моторной коры или препаратами, которые принимали пациенты с целью лечения болевого синдрома. Существенных различий в значении моторного порога между респондерами и нереспондерами выявлено не было.

Таким образом, авторы предполагают, что пациенты с исходно низкой ICF являются хорошими кандидатами для проведения рТМС [45]. Другим возможным предиктором ответа на рТМС является сохранность проводящих путей, и в частности, таламокортикального тракта при исследовании трактографии (DTI — diffusion-tensor imaging). В исследованиях Goto и соавт. (2008) [47] и Ohn и соавт. (2012) [46] продемонстрировано, что противоболевой эффект как одной сессии высокочастотной рТМС первичной моторной коры, так и кумулятивный эффект пяти сессий ассоциирован с целостностью таламокортикального тракта. Наконец, перспективным может стать стратификация пациентов, в зависимости от имеющихся у них генетических полиморфизмов. Определенным шагом в этом направлении могут стать результаты РКИ Ojala и соавт. (2021), где было показано, что у пациентов с ЦПИБС, имеющих гомозиготный генотип DRD2, характеризующий связывающий потенциал дофамина рецептора D2 в скорлупе, эффект рТМС был значимо выше, по сравнению с пациентами с другими генотипами, что также косвенно подтверждает роль модуляции секреции нейротрансмиттеров в развитии противоболевого эффекта рТМС [37].

### **Безопасность и место в клинических рекомендациях**

Согласно рекомендациям международной группы экспертов по применению терапевтической ТМС, применение высокочастотной рТМС первичной моторной коры при хронических болевых синдромах имеет наивысший уровень доказанности эффекта А [58]. В клинических рекомендациях по диагностике и лечению невропатической боли российского общества по изучению боли рекомендации по применению 5–10 сессий рТМС с частотой 5–20 Гц в течение 1–2 недель при ЦПИБС, болевых полинейропатиях, позвоночно-спинномозговой травме имеют силу В и класс доказательности II [59]. В целом, спектр и частота нежелательных явлений рТМС у пациентов с инсультом сопоставим с таковым при других заболеваниях, при которых применяются похожие протоколы и мишени для стимуляции, и представлен в основном неприятными ощущениями и болью в области стимуляции, а также легкой и умеренной головной болью, развивающейся после окончания стимуляции [60]. Однако, несмотря на благоприятный профиль переносимости и низкую частоту нежелательных явлений рТМС, наличие структурного дефекта вследствие перенесенного инсульта увеличивает риск ТМС-индуцированных судорожных приступов [61]. В частности, в литературе описан один случай ТМС-индуцированного судорожного приступа у пациентки с ЦПИБС, развившийся непосредственно во время проведения высокочастотной стимуляции моторной коры пораженного полушария [62]. Приступ прервался спонтанно без дополнительного введения лекарственных препаратов. Никаких дополнительных факторов риска развития приступа у пациентки не отмечалось, а характеристики использованного протокола соответствовали критериям безопасности [63]. Таким образом, при при-

менении в клинической практике следует учитывать потенциальную возможность развития как легких, так и серьезных нежелательных явлений. Важно отметить, что с учетом многолетнего мирового опыта клинического применения ритмической транскраниальной магнитной стимуляции частота развития приступов при соблюдении критериев безопасности является низкой и составляет 0,31 случая на 10 000 процедур [64].

### **Выводы**

Согласно имеющимся литературным данным, ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция является перспективным и безопасным методом, оказывающим умеренный обезболивающий эффект у пациентов с центральным постинсультным болевым синдромом. Продемонстрирован как немедленный эффект от 1 сессии, так и кумулятивный эффект после серии сессий стимуляции. Наиболее доказана эффективность протокола высокочастотной стимуляции (частоты 5, 10 или 20 Гц) первичной моторной коры (зона кисти или зона, соматотопически соответствующая зоне максимальной интенсивности болевого синдрома). Разрабатываются пролонгированные протоколы, которые позволят увеличить длительность эффектов рТМС с помощью использования поддерживающих сессий, при этом существует возможность удлинения эффекта до 1 года. Кроме того, активно исследуются новые мишени для стимуляции, в частности зоны, ассоциированные с процессингом и аффективной обработкой болевых сигналов, однако пока наибольшей доказанностью обладает эффективность стимуляции зоны М1. Наконец, разрабатываются мультимодальные предикторы эффективности рТМС, которые позволят отбирать пациентов с вероятным высоким ожидаемым эффектом рТМС.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

**Пойдашева Александра Георгиевна**, кандидат медицинских наук, научный сотрудник группы неинвазивной нейромодуляции, Институт нейрореабилитации и восстановительных технологий ФГБНУ «Научный центр неврологии».

E-mail: poydasheva@neurology.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1841-1177>

**Зайцевская Софья Александровна**, врач-ординатор, ФГБНУ «Научный центр неврологии».

E-mail: sona-zait@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6889-5363>

**Бакулин Илья Сергеевич**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, руководитель группы неинвазивной нейромодуляции, Институт нейрореабилитации и восстановительных технологий ФГБНУ «Научный центр неврологии»

E-mail: bakulinilya@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0716-3737>

**Супонева Наталья Александровна**, член-корреспондент РАН, профессор, директор, Институт нейрореабилитации и восстановительных технологий ФГБНУ «Научный центр неврологии».

E-mail: nasu2709@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3956-6362>

**Пирадов Михаил Александрович**, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, директор, ФГБНУ «Научный центр неврологии».

E-mail: mpi711@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6338-0392>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: Пойдашева А.Г., Зайцевская С.А. — поиск и обзор публикаций по теме статьи в базах данных; Пойдашева А.Г., Зайцевская С.А., Бакулин И.С. — анализ и интерпретация данных, подготовка черновика рукописи статьи; все авторы — внесение правок в черновик рукописи статьи и подготовка финального варианта статьи.

**Источник финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Alexandra G. Poydasheva**, Ph.D. (Med.), Researcher, Non-invasive Neurostimulation Group, Institute of Neurorehabilitation, Research Center of Neurology.

E-mail: poydasheva@neurology.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1841-1177>

**Sofiya A. Zaitsevskaya**, Clinical Resident, Research Center of Neurology.

E-mail: sona-zait@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6889-5363>

**Ilya S. Bakulin**, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Head of Non-invasive Neurostimulation Group, Institute of Neurorehabilitation, Research Center of Neurology.

E-mail: bakulinilya@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0716-3737>

**Natalia A. Suponeva**, Dr.Sci. (Med.), Corresponding Member of the RAS, Head, Institute of Neurorehabilitation, Research Center of Neurology.

E-mail: nasu2709@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3956-6362>

**Michael A. Piradov**, Dr.Sci. (Med.), Academician of RAS, Director of the Research Center of Neurology.

E-mail: mpi711@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6338-0392>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Poydasheva A.G., Zaitsevskaya S.A., — search and review of publications in databases; Poydasheva A.G., Zaitsevskaya S.A., Bakulin I.S. — analysis and interpretation of data, preparation of a draft of the manuscript; all authors — making changes to the draft of the manuscript and preparing the final version of the article.

**Funding.** This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

## Список литературы / References

- Liampas A., Velidakis N., Georgiou T., Vadalouca A., Varrassi G., Hadjigeorgiou G., Tsvigoulis G., Zis P. Prevalence and Management Challenges in Central Post-Stroke Neuropathic Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. *Advances in Therapy*. 2020; 37(7): 3278–3291. <https://doi.org/10.1007/s12325-020-01388-w>.
- Oh H., Seo W. A Comprehensive Review of Central Post-Stroke Pain. *Pain Management Nursing*. 2015; 16(5): 804–818. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2015.03.002>.
- Dejerine J., Roussy J. Le syndrome thalamique. *Review Neurology*. 1906; (14): 521–532.
- Betancur D., Tarragó M., Torres I., Fregni F., Caumo W. Central Post-Stroke Pain: An Integrative Review of Somatotopic Damage, Clinical Symptoms, and Neurophysiological Measures. *Frontiers in Neurology*. 2021; 18(12): 678198. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.678198>.
- MacGowan D., Janal M., Clark W., Wharton R.N., Lazar R.M., Sacco R.L., Mohr J.P. Central poststroke pain and Wallenberg's lateral medullary infarction: Frequency, character, and determinants in 63 patients. *Neurology*. 1997; 49(1): 120–125. <https://doi.org/10.1212/wnl.49.1.120>.
- Kim J.S. Central post-stroke pain or paresthesia in lenticulocapsular hemorrhages. *Neurology*. 2003; 61(5): 679–82. <https://doi.org/10.1212/wnl.61.5.679>.
- Garcia-Larrea L. The posterior insular-opercular region and the search of a primary cortex for pain. *Neurophysiologie Clinique*. 2012; 42(5): 299–313. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2012.06.001>.
- Hansen A., Marcussen N., Klit H., Andersen G., Finnerup N.B., Jensen T.S. Pain following stroke: a prospective study. *European Journal of Pain*. 2012; 16(8): 1128–36. <https://doi.org/10.1002/j.1532-2149.2012.00123.x>.
- Bowsher D. Central pain: clinical and physiological characteristics. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 1996; 61(1): 62–9. <https://doi.org/10.1136/jnnp.61.1.62>.
- Treede R.D., Rief W., Barke A., Aziz Q., Bennett M.I., Benoliel R., Cohen M., Evers S., Finnerup N.B., First M.B., Giamberardino M.A., Kaasa S., Kosek E., Lavand'homme P., Nicholas M., Perrot S., Scholz J., Schug S., Smith B.H., Svensson P. A classification of chronic pain for ICD-11. *Pain*. 2015; 156(6): 1003–1007. <https://doi.org/10.1097/j.pain.000000000000160>.
- Bowsher D. Central post-stroke ('thalamic syndrome') and other central pains. *American Journal of Hospice and Palliative Care*. 1999; 16(4): 593–597. <https://doi.org/10.1177/104990919901600408>.
- Weimar C., Kloke M., Schlott M., Katsarava Z., Diener H.C. Central poststroke pain in a consecutive cohort of stroke patients. *Cerebrovascular Diseases*. 2002; 14(3–4): 261–3. <https://doi.org/10.1159/000065663>.
- Klit H., Finnerup N., Jensen T. Central post-stroke pain: clinical characteristics, pathophysiology, and management. *The Lancet Neurology*. 2009; 8(9): 857–868. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70176-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70176-0).
- Head H., Holmes G. Sensory disturbances from cerebral lesions. *Brain*. 1911; (34): 102–254. <https://doi.org/10.1093/brain/34.2-3.102>.
- Craig A.D., Bowsher D., Tasker R., Lenz F.A., Dougherty P.M., Wiesenfeld-Hallin Z. A new version of the thalamic disinhibition hypothesis of central pain. *Pain Forum*. 1998; (7): 1–28. [https://doi.org/10.1016/S1082-3174\(98\)70004-2](https://doi.org/10.1016/S1082-3174(98)70004-2).
- Kumar B., Kalita J., Kumar G., Misra U.K. Central poststroke pain: a review of pathophysiology and treatment. *Anesthesia and Analgesia*. 2009; 108(5): 1645–57. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e31819d644c>.
- Lenz F.A., Kwan H.C., Dostrovsky J.O., Tasker R.R. Characteristics of the bursting pattern of action potentials that occurs in the thalamus of patients with central pain. *Brain Research*. 1989; 496(1–2): 357–60. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(89\)91088-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(89)91088-3).
- Elias G.J.B., De Vloo P., Germann J., Boutet A., Gramer R.M., Joel S.E., Morlion B., Nuttin B., Lozano A.M. Mapping the network underpinnings of central poststroke pain and analgesic neuromodulation. *Pain*. 2020; 161(12): 2805–2819. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001998>.
- Vartiainen N., Perchet C., Magnin M., Creac'h C., Convers P., Nighoghossian N., Mauguière F., Peyron R., Garcia-Larrea L. Thalamic pain: anatomical and physiological indices of prediction. *Brain*. 2016; 139(3): 708–722. <https://doi.org/10.1093/brain/awv389>.
- Willoch F., Schindler F., Wester H.J., Empl M., Straube A., Schwaiger M., Conrad B., Tölle T.R. Central poststroke pain and reduced opioid receptor binding within pain processing circuitries: a [<sup>11</sup>C] diprenorphine PET study. *Pain*. 2004; 108(3): 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2003.08.014>.
- Peyron R., García-Larrea L., Grégoire M.C., Convers P., Lavenne F., Veyre L., Froment J.C., Mauguière F., Michel D., Laurent B. Allodynia after lateral-medullary (Wallenberg) infarct. A PET study. *Brain*. 1998; 121 (2): 345–56. <https://doi.org/10.1093/brain/121.2.345>.
- Urits I., Gress K., Charipova K., Orhurhu V., Freeman J., Kaye R.J., Kaye A.D., Cornett E., Delahoussaye P.J., Viswanath O. Diagnosis, Treatment,

- and Management of Dejerine-Roussy Syndrome: a Comprehensive Review. *Current Pain and Headache Reports*. 2020; 24(9): 48. <https://doi.org/10.1007/s11916-020-00887-3>.
23. Yang S., Chang M.C. Poststroke Pain. *Seminars in Neurology*. 2021; 41 (1): 67–74. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1722641>.
  24. Camacho-Conde J.A., Gonzalez-Bermudez M.D.R., Carretero-Rey M., Khan Z.U. Brain stimulation: a therapeutic approach for the treatment of neurological disorders. *CNS Neuroscience and Therapeutics*. 2022; 28(1): 5–18. <https://doi.org/10.1111/cns.13769>.
  25. Lefaucheur J.P., Nguyen J.P. A practical algorithm for using rTMS to treat patients with chronic pain. *Neurophysiologie Clinique*. 2019; 49(4): 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2019.07.014>.
  26. Zhang H., Sollmann N., Castrillón G., Kurcys K., Meyer B., Zimmer C., Krieg S.M. Intranetwork and Internetwork Effects of Navigated Transcranial Magnetic Stimulation Using Low- and High-Frequency Pulse Application to the Dorsolateral Prefrontal Cortex: A Combined rTMS-fMRI Approach. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2020; 37(2): 131–139. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000528>.
  27. Valero-Cabré A., Amengual J.L., Stengel C., Pascual-Leone A., Coubard O.A. Transcranial magnetic stimulation in basic and clinical neuroscience: A comprehensive review of fundamental principles and novel insights. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2017; (83): 381–404. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.10.006>.
  28. Saitoh Y., Osaki Y., Nishimura H., Hirano S., Kato A., Hashikawa K., Hatazawa J., Yoshimine T. Increased regional cerebral blood flow in the contralateral thalamus after successful motor cortex stimulation in a patient with poststroke pain. *Journal of Neurosurgery*. 2004; 100(5): 935–939. <https://doi.org/10.3171/jns.2004.100.5.0935>.
  29. Ciampi de Andrade D., Mhalla A., Adam F., Texeira M.J., Bouhassira D. Neuropharmacological basis of rTMS-induced analgesia: The role of endogenous opioids. *Pain*. 2011; 152(2): 320–326. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.10.032>.
  30. Ciampi de Andrade D., Mhalla A., Adam F., Texeira M.J., Bouhassira D. Repetitive transcranial magnetic stimulation induced analgesia depends on N-methyl-D-aspartate glutamate receptors. *Pain*. 2014; 155 (3): 598–605. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.12.022>.
  31. Shang Y.Q., Xie J., Peng W., Zhang J., Chang D., Wang Z. Network-wise cerebral blood flow redistribution after 20 Hz rTMS on left dorso-lateral prefrontal cortex. *European Journal of Radiology*. 2018; (101): 144–148. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.02.018>.
  32. DosSantos M.F., Oliveira A.T., Ferreira N.R., Rosado de Castro P.H. The Contribution of Endogenous Modulatory Systems to TMS- and tDCS-Induced Analgesia: Evidence from PET Studies. *Pain Research and Management*. 2018; (2018): 1–14. <https://doi.org/10.1155/2018/2368386>.
  33. Moretti J., Poh E.Z., Rodger J. rTMS-Induced Changes in Glutamatergic and Dopaminergic Systems: Relevance to Cocaine and Methamphetamine Use Disorders. *Frontiers in Neuroscience*. 2020; (14): 137. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00137>.
  34. Tsubokawa T., Katayama Y., Yamamoto T., Hirayama T., Koyama S. Chronic motor cortex stimulation for the treatment of central pain. *Acta Neurochirurgica Supplement*. 1991; (52): 137–9. [https://doi.org/10.1007/978-3-7091-9160-6\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-7091-9160-6_37).
  35. Lazorthes Y., Sol J.C., Fowo S., Roux F.E., Verdié J.C. Motor cortex stimulation for neuropathic pain. *Acta Neurochirurgica Supplement*. 2007; 97(2): 37–44. [https://doi.org/10.1007/978-3-211-33081-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-211-33081-4_4).
  36. Xie Y.F., Huo F.Q., Tang J.S. Cerebral cortex modulation of pain. *Acta Pharmacologica Sinica*. 2009; 30(1): 31–41. <https://doi.org/10.1038/aps.2008.14>.
  37. Ojala J., Vanhanen J., Harno H., Lioumis P., Vaalto S., Kaunisto M., Putaala J., Kangasniemi M., Kirveskari E., Mäkelä J., Kalso E. A Randomized, Sham-Controlled Trial of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Targeting M1 and S2 in Central Poststroke Pain: A Pilot Trial. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 2022; 25(4): 538–548. <https://doi.org/10.1111/ner.13496>.
  38. Zhao C.G., Sun W., Ju F., Jiang S., Wang H., Sun X., Mou X., Yuan H. Analgesic Effects of Navigated Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Patients With Acute Central Poststroke Pain. *Pain and Therapy*. 2021; 10(2): 1085–1100. <https://doi.org/10.1007/s40122-021-00261-0>.
  39. Lin H., Li W., Ni J., Wang Y. Clinical study of repetitive transcranial magnetic stimulation of the motor cortex for thalamic pain. *Medicine*. 2018; 97(27): e11235. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011235>.
  40. Quesada C., Pommier B., Fauchon C., Bradley C., Créac'h C., Vassal F., Peyron R. Robot-Guided Neuronavigated Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) in Central Neuropathic Pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2018; 99(11): 2203–2215. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.04.013>.
  41. Kobayashi M., Fujimaki T., Mihara B., Ohira T. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Once a Week Induces Sustainable Long-Term Relief of Central Poststroke Pain. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 2015; 18(4): 249–254. <https://doi.org/10.1111/ner.12301>.
  42. Oliveira R., Andrade D., Mendonça M., Barros R., Luvisoto T., Myczkowski M.L., Marcolin M.A., Teixeira M.J. Repetitive transcranial magnetic stimulation of the left premotor/dorsolateral prefrontal cortex does not have analgesic effect on central poststroke pain. *The Journal of Pain*. 2014; 15(12): 1271–1281. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2014.09.009>.
  43. Hasan M., Whiteley J., Bresnahan R., MacIver K., Sacco P., Das K., Nurmikko T. Somatosensory change and pain relief induced by repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with central poststroke pain. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 2014; 17(8): 731–736. <https://doi.org/10.1111/ner.12198>.
  44. Matsumura Y., Hirayama T., Yamamoto T. Comparison between pharmacologic evaluation and repetitive transcranial magnetic stimulation-induced analgesia in poststroke pain patients. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 2013; 16(4): 349–354. <https://doi.org/10.1111/ner.12019>.
  45. Hosomi K., Kishima H., Oshino S., Hirata M., Tani N., Maruo T., Yorifuji S., Yoshimine T., Saitoh Y. Cortical excitability changes after high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for central poststroke pain. *Pain*. 2013(a); 154(8): 1352–1357. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.04.017>.
  46. Ohn S.H., Chang W.H., Park C.H., Kim S.T., Lee J.I., Pascual-Leone A., Kim Y. Neural correlates of the antinociceptive effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on central pain after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2012; 26(4): 344–352. <https://doi.org/10.1177/1545968311423110>.
  47. Goto T., Saitoh Y., Hashimoto N., Hirata M., Kishima H., Oshino S., Tani N., Hosomi K., Kakigi R., Yoshimine T. Diffusion tensor fiber tracking in patients with central post-stroke pain; correlation with efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation. *Pain*. 2008; 140(3): 509–518. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2008.10.009>.
  48. Galhardoni R., Silva V.A., García-Larrea L., Dale C., Baptista A., Barbosa L.M., Menezes L.M.B., Siqueira S., Valério F., Rosi J., Rodrigues A., Fernandes D.T., Selingardi P.M., Marcolin M.A., Duran F.L., Ono C.R., Lucato L.T., Fernandes A.M., Silva F., Yeng L., Brunoni A., Buchpiguel C., Teixeira M., Ciampi de Andrade D. Insular and anterior cingulate cortex deep stimulation for central neuropathic pain disassembling the percept of pain. *Neurology*. 2019; 92(18): E2165–E2175. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000007396>.
  49. Hosomi K., Shimokawa T., Ikoma K., Nakamura Y., Sugiyama K., Ugawa Y., Uozumi T., Yamamoto T., Saitoh Y. Daily repetitive transcranial magnetic stimulation of primary motor cortex for neuropathic pain: A randomized, multicenter, double-blind, crossover, sham-controlled trial. *Pain*. 2013(b); 154(7): 1065–1072. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.03.016>.
  50. Saitoh Y., Hirayama A., Kishima H., Shimokawa T., Oshino S., Hirata M., Tani N., Kato A., Yoshimine T. Reduction of intractable deafferentation pain due to spinal cord or peripheral lesion by high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the primary motor cortex. *Journal of Neurosurgery*. 2007; 107(3): 555–559. <https://doi.org/10.3171/JNS-07/09/0555>.
  51. Hirayama A., Saitoh Y., Kishima H., Shimokawa T., Oshino S., Hirata M., Kato A., Yoshimine T. Reduction of intractable deafferentation pain by navigation-

- guided repetitive transcranial magnetic stimulation of the primary motor cortex. *Pain*. 2006; 122(1–2): 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2005.12.001>.
52. Khedr E.M., Kotb H., Kamel N.F., Ahmed M.A., Sadek R., Rothwell J.C. Longlasting antalgic effects of daily sessions of repetitive transcranial magnetic stimulation in central and peripheral neuropathic pain. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2005; 76(6): 833–838. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.055806>.
  53. Lefaucheur J.P., Drouot X., Nguyen J.P. Interventional neurophysiology for pain control: Duration of pain relief following repetitive transcranial magnetic stimulation of the motor cortex. *Neurophysiologie Clinique*. 2001; 31(4): 247–252. [https://doi.org/10.1016/s0987-7053\(01\)00260-x](https://doi.org/10.1016/s0987-7053(01)00260-x).
  54. Ma S., Ni J., Li X-Y., Yang L., Guo Y., Tang Y. High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Reduces Pain in Postherpetic Neuralgia. *Pain Medicine*. 2015; 16(11): 2162–2170. <https://doi.org/10.1111/pme.12832>.
  55. Attal N., Ayache S.S., Ciampi De Andrade D., Mhalla A., Baudic S., Jazat F., Ahdab R., Neves D., Sorel M., Lefaucheur J., Bouhassira D. Repetitive transcranial magnetic stimulation and transcranial direct-current stimulation in neuropathic pain due to radiculopathy. *Pain*. 2016; 157(6): 1224–1231. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000000510>.
  56. Червяков А.В., Белопасова А.В., Пойдашева А.Г., Черникова Л.А., Кадыков А.С., Супонева Н.А., Пирадов М.А. Транскраниальная магнитная стимуляция в лечении центрального постинсультного болевого синдрома. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2013; 7(4): 45–50. [Chervyakov A.V., Belopasova A.V., Poydasheva A.G., Chernikova L.A., Kadykov A.S., Suponeva N.A., Piradov M.A. Transcranial magnetic stimulation in treatment of central post-stroke pain. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2013; 7(4): 45–50 (In Russ.)]
  57. Мухаметова Э.Р., Милицкова А.Д., Яковлева Е.И., Андрианов В.В., Лавров И.А. Влияние ритмической транскраниальной магнитной стимуляции премоторной и моторной коры на контроль нейропатической боли. *Российский кардиологический журнал*. 2023; 28(S5): 12 с. [Mukhametova E.R., Militskova A.D., Yakovleva E.I., Andrianov V.V., Lavrov I.A. Vliyaniye ritmicheskoy transkranial'noy magnitnoy stimulyatsii premotornoj i motornoj kory na kontrol' nejropaticheskoy boli. *Russian Journal of Cardiology*. 2023; 28(S5): 12 p. (In Russ.)]
  58. Lefaucheur J.P., Aleman A., Baeken C., Benninger D.H., Brunelin J., Di Lazzaro V., Filipović S., Grefkes C., Hasan F., Hummel F., Jääskeläinen S., Langguth B., Leocani L., Londero A., Nardone R., Nguyen J., Nyffeler T., Oliveira-Maia A., Oliviero A., Padberg F., Palm U., Paulus W., Poulet E., Quartarone A., Rachid F., Rektorová I., Rossi S., Sahlsten H., Schecklmann M., Szekely D., Ziemann U. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014–2018). *Clinical Neurophysiology*. 2020; 131(2): 474–528. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.002>.
  59. Давыдов О.С., Яхно Н.Н., Кукушкин М.Л. Невропатическая боль: клинические рекомендации по диагностике и лечению российского общества по изучению боли. *Российский журнал боли*. 2018; 4(58): 5–41. <https://doi.org/10.25731/RASP.2018.04.025> [Davydov O.S., Yakhno N.N., Kukushkin M.L. et al. Neuropathic pain: clinical guidelines on the diagnostics and treatment from the Russian Association for the Studying of Pain. *Russian Journal of Pain*. 2018; 4(58): 5–41. <https://doi.org/10.25731/RASP.2018.04.025> (In Russ.)]
  60. Бакулин И.С., Забилова А.Х., Пойдашева А.Г., Лагода Д.Ю., Супонева Н.А., Пирадов М.А. Безопасность и переносимость ритмической транскраниальной магнитной стимуляции: анализ более 1200 сессий. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2023; 15(3): 35–40. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2023-3-35-40> [Bakulin I.S., Zabirolva A.Kh., Poydasheva A.G., Lagoda D.Yu., Suponeva N.A., Piradov M.A. Safety and tolerability of repetitive transcranial magnetic stimulation: an analysis of over 1200 sessions. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2023; 15(3): 35–40. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2023-3-35-40> (In Russ.)]
  61. Dobek C.E., Blumberger D.M., Downar J., Daskalakis Z.J., Vila-Rodriguez F. Risk of seizures in transcranial magnetic stimulation: a clinical review to inform consent process focused on bupropion. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*. 2015; (11): 2975–87. <https://doi.org/10.2147/NDT.S91126>.
  62. Cogné M., Gil-Jardiné C., Joseph P.A. et al. Seizure induced by repetitive transcranial magnetic stimulation for central pain: Adapted guidelines for post-stroke patients. *Brain Stimulation*. 2017; 10(4): 862–864. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2017.03.010>.
  63. Rossi S., Antal A., Bestmann S., Bikson M., Brewer C., Brockmüller J., Carpenter L.L., Cincotta M., Chen R., Daskalakis J.D., Di Lazzaro V., Fox M.D., George M.S., Gilbert D., Kimiskidis V.K., Koch G., Ilmoniemi R.J., Lefaucheur J.P., Leocani L., Lisanby S.H., Miniussi C., Padberg F., Pascual-Leone A., Paulus W., Peterchev A.V., Quartarone A., Rotenberg A., Rothwell J., Rossini P.M., Santarnecchi E., Shafi M.M., Siebner H.R., Ugawa Y., Wassermann E.M., Zangen A., Ziemann U., Hallett M. Safety and recommendations for TMS use in healthy subjects and patient populations, with updates on training, ethical and regulatory issues: Expert Guidelines. *Clinical Neurophysiology*. 2021; 132(1): 269–306. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.10.003>.
  64. Taylor J.J., Newberger N.G., Stern A.P., Phillips A., Feifel D., Betensky R.A., Press D.Z. Seizure risk with repetitive TMS: Survey results from over a half-million treatment sessions. *Brain Stimulation*. 2021; 14(4): 965–973. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2021.05.012>.

## Применение магнитно-резонансной томографии в оценке эффективности медицинской реабилитации пациентов с остеоартрозом коленного сустава: обзорная статья

id Кульчицкая Д.Б.<sup>1,\*</sup>, id Юрова О.В.<sup>1</sup>, id Севрюгина О.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** В последние годы для диагностики раннего остеоартроза все чаще стали применять магнитно-резонансную томографию (МРТ). Принимая во внимание тот факт, что на сегодняшний день фармакологические средства не являются достаточно эффективными и часто приводят к аллергизации организма, возникает необходимость в поисках новых немедикаментозных методов лечения пациентов с остеоартрозом (ОА) коленного сустава, которые обладают доказанной эффективностью.

**ЦЕЛЬ.** Анализ научных данных о применении МРТ как объективного метода оценки эффективности медицинской реабилитации пациентов с ОА коленного сустава.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Был проведен поиск публикаций в базах данных PEDro, PubMed за период с 2000 года по март 2023 года. Подходящие статьи должны были отражать применение МРТ в оценке эффективности медицинской реабилитации у пациентов с ОА коленного сустава.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** В результате поиска в электронных ресурсах наибольшее количество работ по изучаемой тематике было установлено в базе данных PubMed. По результатам количественного анализа публикаций в данной базе найдено 7256 работ, в которых отражено применение МРТ — современного диагностического исследования в медицинской реабилитации. При этом 2,5 % от общего количества занимали публикации, в которых с помощью МРТ исследователи оценивали эффективность медицинской реабилитации пациентов с ОА коленного сустава. Большинство публикаций было в международных базах, тогда как в российских они практически отсутствовали.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Проведенный анализ научных данных о применении МРТ как объективного метода оценки эффективности медицинской реабилитации пациентов с ОА коленного сустава показал, что на сегодняшний день встречается не так много научных публикации по данной теме. Несмотря на малое число исследований, среди применяемых методов восстановительной медицины с доказанным влиянием на связочный аппарат, хрящевую и мягкие ткани коленного сустава, по данным МРТ, у пациентов с ОА можно выделить ударно-волновую терапию, лечебную физкультуру и ультразвуковую терапию. Однако очевидной является необходимость продолжения научных исследований в данном направлении.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** остеоартрит, остеоартроз коленного сустава, медицинская реабилитация, физиотерапия, магнитно-резонансная томография.

**Для цитирования / For citation:** Кульчицкая Д.Б., Юрова О.В., Севрюгина О.А. Применение магнитно-резонансной томографии в оценке эффективности медицинской реабилитации пациентов с остеоартрозом коленного сустава: обзорная статья. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):96-101.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-96-101>. [Kulchitskaya D.B., Yurova O.V., Sevryugina O.A. Application of Magnetic Resonance Imaging in Medical Rehabilitation Effectiveness Assessing for Patients with Knee Joint Osteoarthritis: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 96-101.]

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-69-101> (In Russ.).]

\***Для корреспонденции:** Кульчицкая Детелина Борисовна, E-mail: [deti\\_ku@mail.ru](mailto:deti_ku@mail.ru), [kulchitskayadb@nmicrk.ru](mailto:kulchitskayadb@nmicrk.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

Статья получена: 01.03.2023

Поступила после рецензирования: 29.03.2023

Статья принята к печати: 17.04.2023

# Application of Magnetic Resonance Imaging in Medical Rehabilitation Effectiveness Assessing for Patients with Knee Joint Osteoarthritis: a Review

 **Detelina B. Kulchitskaya**<sup>1,\*</sup>,  **Olga V. Yurova**<sup>1</sup>,  **Olga A. Sevryugina**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow Region, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** In recent years, magnetic resonance imaging (MRI) has been increasingly used to diagnose early osteoarthritis (OA). Taking into account the fact that nowadays pharmacological agents are not effective enough and often lead to allergization of the body, there is a need to search for new non-drug methods of treatment of patients with knee joint OA that have proven effectiveness.

**AIM.** To analyze scientific evidence on the use of MRI as an objective method of assessing the effectiveness of medical rehabilitation of patients with knee OA.

**MATERIALS AND METHODS.** We searched for publications in the PEDro and PubMed for the period from 2000 to March 2023. Suitable articles were to reflect the use of MRI as a criterion for the effectiveness of medical rehabilitation in patients with OA of the knee joint.

**RESULTS AND DISCUSSION.** As a result of a search in electronic resources, the largest number of works on the subject under study was found in PubMed. According to the literature quantitative analysis, 7256 works were identified, which reflect the use of MRI in medical rehabilitation. The publications in which the effectiveness of medical rehabilitation of patients with knee OA was evaluated by researchers using MRI accounted for 2.5 % of the total number. Most of the publications were in international databases, while they were practically absent in the Russian ones.

**CONCLUSION.** Despite the scarce research on the matter, we can distinguish the following rehabilitation medicine methods with a proven effect on the ligamentous apparatus, cartilage and soft tissues of the knee joint in patients with OA, according to MRI data: shockwave therapy, physical therapy and ultrasound therapy. However, the need for further scientific research in this direction is obvious.

**KEYWORDS:** osteoarthritis, knee osteoarthritis, medical rehabilitation, physiotherapy, magnetic resonance imaging.

**For citation:** Kulchitskaya D.B., Yurova O.V., Sevryugina O.A. Application of Magnetic Resonance Imaging in Medical Rehabilitation Effectiveness Assessing for Patients with Knee Joint Osteoarthritis: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):96-101. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-96-101> (In Russ.).

\***For correspondence:** Detelina B. Kulchitskaya, E-mail: deti\_ku@mail.ru, kulchitskayadb@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

**Received:** 01.03.2023

**Revised:** 29.03.2023

**Accepted:** 17.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Остеоартроз (ОА), особенно ОА коленного сустава, является наиболее распространенной формой артроза, приводящей к значительной инвалидизации пациентов во всем мире.

До недавнего времени для диагностики ОА коленного сустава на начальных стадиях в основном применялась рентгенография. Однако этот метод не позволяет достоверно визуализировать связочный аппарат, хрящевую и мягкие ткани. В последние годы начали чаще использовать МРТ, которая является высокоинформативным неинвазивным методом диагностики раннего ОА коленного сустава [1]. МРТ включена в клинические рекомендации по гонартрозу (2021), согласно которым для лечения и реабилитации пациентов с ОА коленного сустава применяются консервативные и хирургические методы [2]. Консервативные методы включают медикаментозные средства, а также лечебную

физкультуру, массаж, физиотерапию и диету. Принимая во внимание тот факт, что на сегодняшний день фармакологические средства не являются достаточно эффективными и часто приводят к аллергизации, возникает необходимость в поисках новых немедикаментозных методов лечения пациентов с ОА коленного сустава, которые обладают доказанной эффективностью [3–12].

## ЦЕЛЬ

Анализ научных данных о применении МРТ как объективного метода оценки эффективности медицинской реабилитации пациентов с ОА коленного сустава.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Был проведен поиск публикаций в базах данных PEDro, PubMed за период с 2000 года по март 2023 года. Подходящие статьи должны были сообщать о примене-

нии МРТ как критерия эффективности медицинской реабилитации у пациентов с ОА коленного сустава. Поиск осуществлялся по ключевым словам на русском и английском языках: остеоартрит/остеоартроз коленного сустава (knee osteoarthritis), медицинская реабилитация (medical rehabilitation), физиотерапия (physiotherapy), магнитно-резонансная томография (magnetic resonance imaging).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате поиска в электронных ресурсах установлено, что самое большое количество работ по изучаемой тематике находилось в базе данных PubMed. По результатам количественного анализа публикаций в данной базе выявлено 7256 работ, в которых отражено применение МРТ в медицинской реабилитации. При этом 2,5 % от общего количества занимали публикации, в которых МРТ использовали как метод оценки эффективности медицинской реабилитации пациентов с остеоартрозом коленного сустава.

Серии работ были посвящены изучению эффективности лечебной физкультуры (ЛФК) у данной категории пациентов [13-21]. Так, в одной из анализируемых публикаций авторский коллектив провел исследование, целью которого явилось определение связи между тяжестью ОА коленного сустава, по данным МРТ, и результатом применения ЛФК у пациентов с данной патологией [22]. В исследование были включены 95 участников с ОА коленного сустава, участвующих в 12-недельной программе, включающей лечебную физкультуру. Всем обследуемым проводили МРТ-сканирование коленного сустава на аппарате с напряженностью магнитного поля 3,0 Т до начала и после лечения. С помощью данных МРТ ученые систематически оценивали наличие и выраженность признаков ОА (целостность хрящевой ткани, изменение костного мозга, наличие остеофитов, выпот/синовит и повреждение менисков). Для анализа корреляции между тяжестью ОА, по данным МРТ, и изменениями в ограничении движений после ЛФК проводили регрессионный анализ. Полученные результаты продемонстрировали, что лечебная физкультура не влияет на степень тяжести ОА, по данным МРТ.

Авторы другой научной работы изучали влияние силовых тренировок в воде на биохимический состав хрящевой ткани в области большеберцово-бедренного сочленения у женщин в постменопаузе с остеоартрозом коленного сустава легкой степени тяжести [23]. В исследования были включены 87 женщин-добровольцев в постменопаузе в возрасте 60–68 лет. Все обследуемые случайным образом были распределены в две группы: первая — основная (n = 43) и вторая — контрольная (n = 44). Женщины основной группы участвовали в 48 тренировках на протяжении 16 недель под наблюдением персонала, в то время как обследуемые контрольной группы поддерживали обычный уровень физической активности. Биохимический состав хрящевой ткани в области медиального и латерального мыщелков большеберцово-бедренного сочленения оценивали с помощью времени поперечной T2-релаксации (методики T2-картирования) и на изображениях хрящевой ткани с отсроченным контрастным усилением препаратами гадолиния (dGEMRIC индекс). После 4-месячных трениров-

вок в водной среде ученые отметили значительное снижение времени T2 релаксации — 1,2 мс (95 % доверительный интервал (ДИ): от -2,3 до -0,1, P = 0,021), и dGEMRIC индекса 23 мс (от -43 до -3, p = 0,016) в задней части (ROI) хрящевой ткани медиального мыщелка бедренной кости во всю толщину в основной группе, по сравнению с контрольной группой.

Опубликовано исследование, в котором у пациентов с ОА коленного сустава с помощью метода МРТ изучалось влияние ЛФК на активность воспалительного процесса при синовите и повреждении костного мозга [24]. 60 пациентов с ОА коленного сустава были случайным образом разделены на две группы в соотношении 1:1. Пациентам первой группы в течение 12 недель проводили ЛФК 3 раза в неделю, а во второй контрольной группе не проводили ЛФК.

Синовит и поражение костного мозга оценивали с помощью статической МРТ с контрастированием и без него, а также с помощью МРТ с динамическим контрастным усилением (ДКУ). Данные МРТ с ДКУ были количественно оценены с использованием попиксельной методологии, основанной на анализе кривых интенсивности сигнала. После курса терапии авторы наблюдали статистически значимые групповые различия в оценке синовита на МРТ с ДКУ в верхнем завороте синовиальной оболочки у пациентов первой группы, по сравнению с пациентами второй. При этом в обеих группах не выявлено изменение воспалительной активности, а также никаких групповых различий при повреждении костного мозга, по сравнению с обычной МРТ. Ученые отметили, что, несмотря на отсутствие изменений в активности воспалительного процесса у пациентов с ОА коленного сустава, придерживавшихся 12-недельного курса лечебной физкультуры, зафиксировано уменьшение боли, по сравнению с контрольной группой. Ученые сделали вывод, что, в целом, физические упражнения не вредны при ОА коленного сустава и необходимо проведение дальнейших исследований.

Встречается исследование, в котором ученые использовали МРТ с целью изучения действия глюкозамина сульфата и физических упражнений на структуру сустава [25]. В исследование были включены 39 женщин с диагнозом ОА коленного сустава. Пациенты были рандомизированы на две группы. Группа I (n = 20) получала программу физических упражнений, в то время как группа II (n = 19) получала глюкозамина сульфат (1500 мг/сут) в дополнение к лечебной физкультуре. После проведенного лечения, несмотря на значительное улучшение всех параметров МРТ, включая объем и толщину хрящевой ткани коленного сустава вдоль медиального и латерального мыщелков в двух группах, статистически значимых различий между группами после терапии не было выявлено. В заключение авторы отметили, что одних физических упражнений было достаточно для предотвращения структурных изменений и потери хряща в коленном суставе, что было оценено с помощью МРТ.

Существуют исследования, в которых группа авторов, применяя МРТ, оценивала терапевтическую эффективность электроакупунктуры в лечении остеоартрита [26]. Так, 60 пациентов с ОА коленного сустава были случайным образом разделены на 2 группы, по 30 человек в каждой, в одной из которых пациенты получали элект-

троакупунктуру, в другой — лечебную физкультуру. Для исследования коленных суставов использовали МРТ — аппарат GE Signa EXCITE Twin Speed HD 1.5T. Измеряли значения T2 в 10 подобластях хряща большеберцово-бедренных суставов. После лечения в группе получавших электроакупунктуру интенсивность сигнала на T2-ВИ в переднелатеральной большеберцовой подобласти (LTa) была значительно снижена ( $p < 0,05$ ), но не имела существенной разницы в остальных девяти подобластях (все  $p > 0,05$ ). В группе пациентов, получавших ЛФК, значение T2 ни в одной подобласти достоверно не отличалось до и после лечения (все  $p > 0,05$ ). В заключение исследователи отметили, что электроакупунктура оказывает положительное влияние на интенсивность сигнала на T2-ВИ в хряще и может способствовать восстановлению хряща.

Существует научное исследование, в которое были включены 186 пациентов с ОА коленного сустава [27]. Из них 82 человека получали процедуры ударно-волновой терапии УВТ. Параметры воздействия были следующими: 2,0 бар, 0,25 МДж/мм и 8 Гц/с два раза в неделю в течение 4 недель непрерывно, а 104 пациента получали пероральный прием нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП). Авторы оценивали влияние УВТ на состояние хряща у пациентов с ОА коленного сустава с помощью морфологической оценки шкалы степени повреждения хряща (CaLS) и количественное измерение хряща при T2-картировании. Значение CaLS и T2aLS — это новая система оценки степени повреждения хряща, разработанная в соответствии с данными, предоставленными учеными Alizai и соавторами из Университета Сан-Франциско. Авторы установили, что содержание свободной воды положительно коррелирует со значением на T2-ВИ суставного хряща; следовательно, изменения значения времени T2-релаксации, измеренные с помощью T2-картирования, могут отражать дегенерацию хряща. В начале курса у большинства пациентов с помощью МРТ было обнаружено повреждение хряща. Через двадцать четыре недели после лечения различия в значениях CaLS и T2 в области надколенника, вертлужной впадины, медиальной и латеральной области бедренной и большеберцовой костей не показали статистической значимости по сравнению с показателями до лечения ( $t = -1,859$ ,  $p = 0,076$ ). В заключение авторы выдвинули предположение, что полученный низкий эффект действия УВТ у пациентов с ОА коленного сустава является результатом применения низкой энергии. Ученые также заявляют о продолжении исследований с применением более высоких параметров УВТ.

В настоящее время имеются ограниченные и противоречивые данные относительно того, может ли боль коррелировать со степенью поражения костного мозга (СПКМ) или нет. Проведен регрессионный анализ у 72 пациентов (27 мужчин и 45 женщин) с поражением костного мозга (ПКМ) коленного сустава с целью выявления корреляции между размером ПКМ коленного сустава и оценкой боли по шкале KOOS, а также корреляции между уменьшением размера СПКМ и улучшением оценки боли в результате курсового воздействия УВТ [28]. Всем пациентам была проведена УВТ по терапевтическому протоколу, который состоял из одной процедуры УВТ, каждые 3 недели в течение 9 недель (всего 3 раза) со средней плотностью потока энергии

(EFD) 0,35 МДж/мм<sup>2</sup> (диапазон: 0,22–0,43 МДж/мм<sup>2</sup>) и частотой 4 Гц.

Была продемонстрирована статистически значимая корреляция между субшкалой боли и площадью СПКМ (бета =  $-0,362$  [ДИ 95 %:  $-0,019/-0,05$ ],  $p = 0,002$ ), указывающая на то, что чем больше площадь ПКМ, тем хуже клиническое состояние пациентов. Через шесть месяцев после курсового воздействия УВТ наблюдалось статистически значимое уменьшение площади ПКМ и улучшение клинического статуса. Клиническое улучшение достоверно коррелировало со снижением размера ПКМ (бета =  $0,254$  [ДИ 95 %:  $0,001/0,017$ ],  $p = 0,031$ ). Это позволило авторам сделать заключение, что тяжесть боли коррелирует с размером ПКМ и, кроме того, УВТ является эффективным методом лечения ПКМ.

Целью другого ретроспективного исследования была оценка эффективности УВТ на болезненный отек костного мозга ОКМ при остеоартрите коленного сустава [29]. Это исследование проводилось у пациентов с ранней или средней стадиями остеоартрита с болью в колене и наличием, по результатам МРТ, отека костного мозга. Всего в исследование было включено 126 пациентов, получавших лечение УВТ (группа А,  $n = 82$ ) или алендронатом (группа В,  $n = 44$ ). Боль и функциональное состояние колена измерялись с использованием визуальной аналоговой шкалы (VAS) и индекса остеоартрита WOMAC соответственно. Степень ОКМ измеряли с помощью МРТ. Показатели VAS и WOMAC снизились более значительно через 3 месяца после лечения в группе А, чем в группе В ( $p < 0,01$ ). При 6-месячном наблюдении с помощью МРТ частота отчетливого уменьшения и полной регрессии ОКМ пораженного коленного сустава в группе А была выше, чем в группе В ( $p < 0,01$ ), что дало основание авторам заключить, что УВТ является эффективным, надежным и неинвазивным методом лечения пациентов с болезненным ОКМ при остеоартрите коленного сустава с последующей быстрой нормализацией результатов МРТ.

В ряде доклинических исследований изучалась эффективность низкоинтенсивного импульсного ультразвука (УЗ) в качестве потенциального метода лечения ОА коленного сустава. Были проведены несколько клинических исследований, которые косвенно подтвердили с помощью МРТ регенерацию хряща после ультразвуковой терапии (УЗТ) [30, 31]. Так, целью одного клинического исследования явилось изучение влияния УЗТ на толщину коленного хряща, болевого синдрома и функцию коленного сустава у пациентов с ОА коленного сустава. Результаты оценивались с помощью МРТ, визуальной аналоговой шкалы (VAS), индекса остеоартроза университетов Западного Онтарио и Макмастера (WOMAC) и краткого опроса из 36 пунктов (SF-36) для оценки качества жизни. После курсового применения УЗТ не было отмечено значительного увеличения толщины хряща, измеренной с помощью МРТ. Терапия УЗ значительно снизила показатели VAS и WOMAC, а также значительно увеличила показатель SF-36, но существенно увеличения толщины хряща при МРТ не наблюдалось.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ научных данных о применении МРТ как объективного метода оценки эффективности медицинской реабилитации пациентов с ОА коленного сустава показал, что на сегодняшний день встречается не так много научных публикаций по данной теме.

Большинство научных работ опубликовано в международных базах, тогда как в российских они практически отсутствовали. Несмотря на малое количество исследований, среди применяемых методов с доказанным, по результатам МРТ, влиянием на связочный аппарат, хрящевую и мягкие ткани, можно выделить

ударно-волновую терапию, лечебную физкультуру и ультразвуковую терапию. Однако необходимо провести дальнейшие исследования с применением МРТ как объективного метода оценки эффективности различных методов медицинской реабилитации пациентов с ОА коленного сустава.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Кульчицкая Детелина Борисовна**, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: deti\_ku@mail.ru, kulchitskayadb@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

**Юрова Ольга Валентиновна**, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе и образовательной деятельности, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: yurovaov@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>

**Севрюгина Ольга Анатольевна**, младший научный сотрудник отдела лучевой диагностики, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского».

E-mail: olgafesyun@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1308-1239>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: Кульчицкая Д.Б., Севрюгина О.А. — концепция и дизайн исследования, сбор материала, статистическая обработка, анализ полученных данных, написание текста; Юрова О.В. — редактирование.

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Юрова О.В. — заместитель главного редактора журнала «Вестник восстановительной медицины»; Кульчицкая Д.Б. — член редколлегии журнала «Вестник восстановительной медицины»; остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

#### ADDITIONAL INFORMATION

**Detelina B. Kulchitskaya**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher of the Department of Physiotherapy and Reflexology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: deti\_ku@mail.ru, kulchitskayadb@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

**Olga V. Yurova**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Science and Professional Education, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: yurovaov@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>

**Olga A. Sevriugina** Junior Researcher of the Department of Radiation Diagnostics, M.F. Vladimirovsky Moscow Regional Research Clinical Institute.

E-mail: olgafesyun@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1308-1239>

**Author Contributions:** All authors confirm their authorship according to the ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contribution: Kulchitskaya D.B., Sevriugina O.A. — concept and design of the study, collection of material, statistical processing, analysis of the data obtained, writing the text; Yurova O.V. — editing.

**Funding.** This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** Yurova O.V. — Deputy Editor-in-Chief of the Bulletin of Rehabilitation Medicine. Kulchitskaya D.B. — member of the editorial board of the Bulletin of Rehabilitation Medicine. The other authors declare the absence of conflicts of interest.

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

#### Список литературы / References

1. Link T.M., Li X. Establishing compositional MRI of cartilage as a biomarker for clinical practice. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2018; 26(9): 1137–9. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2018.02.902>.
2. Клинические рекомендации Гонартроз. 2021. Доступно на: [https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/667\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/667_1) [Clinical guidelines Gonarthrosis. 2021. Available at: [https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/667\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/667_1) (In Russ.).]
3. Boonhong J., Suntornpiyapan P., Piriyaajakul A. «Ultrasound combined transcutaneous electrical nerve stimulation (UltraTENS) versus in symptomatic knee osteoarthritis: a randomized doubleblind, controlled trial». *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2018; 31(3): 507–513.
4. Ciplak E., Akturk S., Buyukavci R., Ersoy Y. Efficiency of high intensity laser therapy in patients with knee osteoarthritis. *Medicine Science*. 2018; 7(4): 724–7. <https://doi.org/10.5455/medscience.2018.07.0819>; <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-102-111>
5. Isik M., Ugur M., Yakisan R.S., Sari T., Yilmaz N. Comparison of the effectiveness of medicinal leech and TENS therapy in the treatment of primary osteoarthritis of the knee: A randomized controlled trial. *Zeitschrift für Rheumatologie*. 2017; 76(9): 798–805. <https://doi.org/10.1007/s00393-016-0176-1>.
6. Collins J.E., Losina E., Marx R.G., Guermazi A., Jarraya M., Jones M.H., Levy B.A., Mandl L.A., Martin S.D., Wright R.W., Spindler K.P., Katz J.N. Early Magnetic Resonance Imaging-Based Changes in Patients with Meniscal Tear and Osteoarthritis: Eighteen-Month Data from

- a Randomized Controlled Trial of Arthroscopic Partial Meniscectomy Versus Physical Therapy. *Arthritis Care & Research*. 2020; 72(5): 630–640. <https://doi.org/10.1002/acr.23891>.
7. Wen-Yue W., Ying-Peng X., Quan-Mao D., Li-Min X., De-Zhi W., Yang B., Li-Su W., Yu-Bin L., Zhi-Jun N., Yan-Xu M., Wu-Zhong C., Li-Qun B., Yang L., Li-Kun J. A randomized, parallel control and multicenter clinical trial of evidence-based traditional Chinese medicine massage treatment VS External Diclofenac Diethylamine Emulgel for the treatment of knee osteoarthritis. *Trials*. 2022; 23(1): 555. <https://doi.org/10.1186/s13063-022-06388-5>.
  8. Choi M., Lee S.J., Park C.M., Ryou S., Kim S., Jang J.Y., Kim H.A. Arthroscopic Partial Meniscectomy versus Physical Therapy for Degenerative. Meniscal Tear: a Systematic Review. *Journal of Korean Medical Science*. 2021; 36(45): e292. <https://doi.org/10.3346/jkms.2021.36.e292>.
  9. Zhong Z., Liu B., Liu G., Chen J., Li Y., Chen J., Liu X., Hu Y. A Randomized Controlled Trial on the Effects of Low-Dose Extracorporeal Shockwave Therapy in Patients With Knee Osteoarthritis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2019; 100(9): 1695–1702. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.04.020>.
  10. Fu J.Y., Zhang X., Zhao Y.H., Tong H.F., Chen D.Z., Huang M.H. Bibliometric analysis of acupuncture research fronts and their worldwide distribution over three decades. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*. 2017; 14(3): 257–273. <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v14i3.27>.
  11. Zhang N., Li J.L., Yan C.Q., Wang X., Lin L.L., Tu J.F., Qi Y.S., Liu J.H., Liu C.Z., Wang L.Q. The cerebral mechanism of the specific and nonspecific effects of acupuncture based on knee osteoarthritis: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2020; 21(1): 566. <https://doi.org/10.1186/s13063-020-04518-5>.
  12. Huang DE, Qin Y, Lin MN, Lai XL Clinical efficacy of different waves of electroacupuncture on knee osteoarthritis and its effect on TGF- $\beta$ 1 in joint fluid. *Zhongguo Zhen Jiu*. 2020; 40(4): 370–4. <https://doi.org/10.13703/j.0255-2930.20190422-0005>.
  13. Multanen J., Rantalainen T., Kautiainen H., Ahola R., Jämsä T., Nieminen M.T., Lammentausta E., Häkkinen A., Kiviranta I., Heinonen A. Effect of progressive high-impact exercise on femoral neck structural strength in postmenopausal women with mild knee osteoarthritis: a 12-month RCT. *Osteoporosis International*. 2017; 28(4): 1323–1333. <https://doi.org/10.1007/s00198-016-3875-1>.
  14. Pogacnik Murillo A.L., Eckstein F., Wirth W., Beavers D., Loeser R.F., Nicklas B.J., Mihalko S.L., Miller G.D., Hunter D.J., Messier S.P. Impact of Diet and/or Exercise Intervention on Infrapatellar Fat Pad Morphology: Secondary Analysis from the Intensive Diet and Exercise for Arthritis (IDEA) Trial. *Cells Tissues Organs*. 2017; 203(4): 258–266. <https://doi.org/10.1159/000449407>.
  15. Hunter D.J., Beavers D.P., Eckstein F., Guermazi A., Loeser R.F., Nicklas B.J., Mihalko S.L., Miller G.D., Lyles M., DeVita P., Legault C., Carr J.J., Williamson J.D., Messier S.P. The Intensive Diet and Exercise for Arthritis (IDEA) trial: 18-month radiographic and MRI outcomes. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2015; 23(7): 1090–8. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2015.03.034>.
  16. Berg B., Roos E.M., Englund M., Kise N.J., Tiulpin A., Saarakkala S., Engebretsen L., Eftang C.N., Holm I., Risberg M.A. Development of osteoarthritis in patients with degenerative meniscal tears treated with exercise therapy or surgery: a randomized controlled trial. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2020; 28(7): 897–906. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2020.01.020>.
  17. Ikuta F., Takahashi K., Hashimoto S., Mochizuki Y., Yuzawa Y., Inanami H., Takai S. Effect of physical therapy on early knee osteoarthritis with medial meniscal posterior tear assessed by MRI T2 mapping and 3D-to-2D registration technique: A prospective intervention study. *Modern Rheumatology*. 2020; 30(4): 738–747. <https://doi.org/10.1080/14397595.2019.1646193>.
  18. Liu J., Chen L., Tu Y., Chen X., Hu K., Tu Y., Lin M., Xie G., Chen S., Huang J., Liu W., Wu J., Xiao T., Wilson G., Lang C., Park J., Tao J., Kong J. Different exercise modalities relieve pain syndrome in patients with knee osteoarthritis and modulate the dorsolateral prefrontal cortex: A multiple mode MRI study. *Brain, Behavior and Immunity*. 2019; (82): 253–263. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2019.08.193>.
  19. Riddle D.L., Perera R.A. Influence of Baseline Magnetic Resonance Imaging Features on Outcome of Arthroscopic Meniscectomy and Physical Therapy Treatment of Meniscal Tears in Osteoarthritis: Letter to the Editor. *The American Journal of Sports Medicine*. 2019; 47(8): NP45–NP46. <https://doi.org/10.1177/0363546519852624>.
  20. Van Ginckel A., Hall M., Dobson F., Calders P. Semin. Effects of long-term exercise therapy on knee joint structure in people with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*. 2019; 48(6): 941–949. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2018.10.014>.
  21. Øiestad B.E., Østerås N., Frobell R., Grotle M., Brøgger H., Risberg M.A. Efficacy of strength and aerobic exercise on patient-reported outcomes and structural changes in patients with knee osteoarthritis: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2013; (14): 266. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-14-266>.
  22. Knoop J., Dekker J., van der Leeden M., van der Esch M., Klein J.P., Hunter D.J., Roorda L.D., Steultjens M.P., Lems W.F. Is the severity of knee osteoarthritis on magnetic resonance imaging associated with outcome of exercise therapy? *Arthritis Care & Research*. 2014; 66(1): 63–8. <https://doi.org/10.1002/acr.22128>.
  23. Munukka M., Waller B., Rantalainen T., Häkkinen A., Nieminen M.T., Lammentausta E., Kujala U.M., Paloneva J., Sipilä S., Peuna A., Kautiainen H., Selänne H., Kiviranta I., Heinonen A. Efficacy of progressive aquatic resistance training for tibiofemoral cartilage in postmenopausal women with mild knee osteoarthritis: a randomised controlled trial. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2016; 24(10): 1708–1717. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2016.05.007>.
  24. Bandak E., Boesen M., Bliddal H., Dagaard C., Hangaard S., Bartholdy C., Damm Nybing J., Kubassova O., Henriksen M. The effect of exercise therapy on inflammatory activity assessed by MRI in knee osteoarthritis: Secondary outcomes from a randomized controlled trial. *The Knee*. 2021; (28): 256–265. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2020.12.022>.
  25. Durmus D., Alayli G., Bayrak I.K., Canturk F. Assessment of the effect of glucosamine sulfate and exercise on knee cartilage using magnetic resonance imaging in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled clinical trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2012; 25(4): 275–84. <https://doi.org/10.3233/BMR-2012-0336>.
  26. Bao F., Zhang Y., Wu Z.H., Wang Y., Sheng M., Hu N., Feng F., Wang D.H., Zhang Y.X., Li T., Sun H. Efficacy observation on knee osteoarthritis treated with electroacupuncture and its influence on articular cartilage with T2 mapping. *Zhongguo Zhen Jiu*. 2013; 33(3): 193–7.
  27. Xu Y., Wu K., Liu Y., Geng H., Zhang H., Liu S., Qu H., Xing G. The effect of extracorporeal shock wave therapy on the treatment of moderate to severe knee osteoarthritis and cartilage lesion. *Medicine*. 2019; 98(20): e15523. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000015523>.
  28. Sansone V., Maiorano E., Pascale V., Romeo P. Bone marrow lesions of the knee: longitudinal correlation between lesion size changes and pain before and after conservative treatment by extracorporeal shockwave therapy. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2019; 55(2): 225–230. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.18.05036-0>.
  29. Kang S., Gao F., Han J., Mao T., Sun W., Wang B., Guo W., Cheng L., Li Z. Extracorporeal shock wave treatment can normalize painful bone marrow edema in knee osteoarthritis: A comparative historical cohort study. *Medicine*. 2018; 97(5): e9796. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000009796>.
  30. Jo N.G., Ko M.H., Won Y.H., Park S.H., Seo J.H., Kim G.W. The efficacy of low-intensity pulsed ultrasound on articular cartilage and clinical evaluations in patients with knee osteoarthritis. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2022; 35(6): 1381–1389. <https://doi.org/10.3233/BMR-210357>.
  31. Loyola Sánchez A., Ramírez Wakamatzu M.A., Vazquez Zamudio J., Casasola J., Hernández Cuevas C., Ramírez González A., Galicia Tapia J. Effect of low-intensity pulsed ultrasound on regeneration of joint cartilage in patients with second and third degree osteoarthritis of the knee. *Reumatología Clínica*. 2009; 5(4): 163–7. <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2008.09.005>.

Клинический случай / Case report

УДК: 616-009, 616-08, 616.8

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-102-111>

## Успешное преодоление односторонней пространственной агнозии в позднем восстановительном периоде ишемического инсульта: клинический случай

 Загайнова А.Ю.\* ,  Кузюкова А.А., Добрякова В.В.,  Рашидова Э.Ш.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Односторонняя пространственная агнозия (ОПА), неглект-синдром, возникающий в результате поражения преимущественно правой гемисферы, плохо поддается обратной динамике, особенно в позднем восстановительном периоде, и остается своеобразным вызовом для нейрореабилитации.

**ОПИСАНИЕ СЛУЧАЯ.** Пациент, 58 лет, проходил реабилитацию в позднем восстановительном периоде ишемического инсульта с локализацией в правой гемисфере (код МКБ-10 I69.3), с левосторонним гемипарезом, выраженным нарушением оптико-пространственного синтеза, когнитивным снижением и лобной дисфункцией; для восстановления нарушенных функций наряду с методами, направленными на устранение двигательного дефицита, целенаправленно использовались классические (на сенсомоторном и когнитивном уровнях) и модернизированные (компьютерные когнитивные тренинги) методы нейрореабилитации. В результате отмечалась положительная динамика в виде значительного уменьшения степени выраженности односторонней пространственной агнозии и, как следствие, улучшение когнитивной деятельности, стабилизация эмоционального фона.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Данное клиническое наблюдение представляет интерес для нейропсихологов, неврологов, клинических психологов, врачей физической и реабилитационной медицины и показывает, что целенаправленные усилия по преодолению ОПА даже в позднем восстановительном периоде ОНМК могут иметь выраженный положительный эффект, вносящий существенный вклад в весь процесс реабилитации.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** инсульт, неглект-синдром, односторонняя пространственная агнозия, сенсомоторная нейрореабилитация, компьютерные когнитивные тренинги, Международная классификация функционирования (МКФ), реабилитация при инсульте.

**Для цитирования / For citation:** Загайнова А.Ю., Кузюкова А.А., Добрякова В.В., Рашидова Э.Ш. Успешное преодоление односторонней пространственной агнозии в позднем восстановительном периоде ишемического инсульта: клинический случай. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):102-111.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-102-111>. [Zagaynova A.Yu., Kuzyukova A.A., Dobryakova V.V., Rashidova E.Sh. Overcoming Unilateral Spatial Agnosia in the Late Recovery Period of Ischemic Stroke: A Case Report. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):102-111. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-102-111> (In Russ.)]

\***Для корреспонденции:** Загайнова Анастасия Юрьевна, E-mail: [zagaynovaay@nmicrk.ru](mailto:zagaynovaay@nmicrk.ru), [kkk.aaa@mail.ru](mailto:kkk.aaa@mail.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3987-3901>

Статья получена: 01.03.2023  
Поступила после рецензирования: 03.04.2023  
Статья принята к печати: 21.04.2023

# Overcoming Unilateral Spatial Agnosia in the Late Recovery Period of Ischemic Stroke: A Case Report

 Anastasia Yu.Zagaynova\*,  Anna A.Kuzyukova, Victoria V.Dobryakova,  Elena Sh.Rashidova

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Unilateral spatial agnosia (neglect syndrome), is one of the most common disorders resulting from damage in right hemisphere, which is difficult to reverse dynamics, especially in the late recovery period.

**CASE PRESENTATION.** A 58 year old man with sequelae of cerebral infarction (I69.3 ICD-10) which had a stroke in right hemisphere was admitted for rehabilitation. The results of neuropsychology diagnostic have shown disorders of optical-spatial synthesis, neglect syndrome, cognitive disorder, frontal cortex dysfunction. To restore impaired functions, along with methods aimed at eliminating motor deficits, classical (sensorimotor and cognitive levels) modernized (computer cognitive therapy) methods of neurorehabilitation were purposefully used. As a result, positive dynamics was noted in the form of a significant decrease in the severity of unilateral spatial agnosia, an improvement in the emotional background and the course of cognitive activity.

**CONCLUSION.** This clinical observation is of interest to neuropsychologists, neurologists, clinical psychologists, physical and rehabilitation medicine physicians. It shows that purposeful efforts to overcome neglect syndrome even in the late recovery period of stroke can have a pronounced positive effect, making a significant contribution to the entire rehabilitation process.

**KEYWORDS:** stroke, neglect syndrome, unilateral spatial agnosia, neurorehabilitation, sensorimotor neurorehabilitation, cognitive trainings, International Classification of Functioning ICF, stroke rehabilitation, case report.

**For citation:** Zagaynova A.Yu., Kuzyukova A.A., Dobryakova V.V., Rashidova E.Sh. Overcoming Unilateral Spatial Agnosia in the Late Recovery Period of Ischemic Stroke: A Case Report. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):102–111. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-102-111> (In Russ.).

\***For correspondence:** Anastasia Yu.Zagaynova, E-mail: zagaynovaay@nmicrk.ru, kkk.aaa@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3987-3901>

**Received:** 01.03.2023

**Revised:** 03.04.2023

**Accepted:** 21.04.2023

## ОБОСНОВАНИЕ

Острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) является одной из главных причин инвалидности и смертности в России и во всем мире [1]. Последствия инсультов приводят к высокому проценту инвалидизации перенесших его лиц [2]. Около 25–30 % всех пациентов, перенесших инсульт, демонстрируют одностороннюю пространственную агнозию (ОПА), обычно называемую неглектом, проявляющуюся нарушением или потерей осознания событий и стимулов, расположенных на стороне, противоположной поражению в головном мозге [3]. Неглект нельзя отнести к элементарным сенсомоторным нарушениям [4]. ОПА представляет собой надмодальный когнитивный дефицит более высокого порядка, который влияет на связанное с пространством поведение, не вызванное элементарным сенсомоторным дефицитом [5] и в основном вызвано поражением лобно-теменной коры и подкорковых структур [6]. Симптомы неглекта неоднородны и выражаются в разных сенсорно-пространственных модальностях (зрительных, слуховых, тактильных), а также в нарушении целостной психической деятельности. Игнорирование может быть результатом поражения

любого полушария, однако оно бывает более тяжелым и продолжительным после повреждения правого полушария [7]. ОПА встречается более чем у 40 % пациентов с поражением правого полушария и у 20 % пациентов с поражением левого [8]. Более 60 % пациентов остаются с данным видом нарушения после окончания реабилитации [9, 10]. Считается, что первые 12–14 недель являются наиболее благоприятными для спонтанного восстановления нарушенной функции у пациентов, перенесших инсульт, после чего тяжесть имеющегося нарушения остается неизменной [11]. Неглект-синдром связан с более медленным и ослабленным восстановлением сенсомоторных нарушений [12], ограничивает эффективность нейрореабилитационных вмешательств, таких как физиотерапия и трудотерапия [13], и негативным образом отражается на повседневной деятельности [14–17]. Как следует из вышеизложенного, в настоящее время ОПА остается вызовом для нейрореабилитации, требующим разработки и широкого внедрения эффективных подходов, направленных на ее устранение. Цель данной работы — продемонстрировать успешность терапии, направленной на преодоление односторонней пространственной агнозии (ОПА) с использованием

классических и модернизированных методов нейрореабилитации у пациента в позднем восстановительном периоде ишемического инсульта в правой среднемозговой артерии (СМА), тем самым привлечь внимание профильных специалистов к необходимости использования методик направленного воздействия на предотвращение ОПА для повышения эффективности реабилитации.

## ОПИСАНИЕ СЛУЧАЯ

Пациент Н., 58 лет, поступил на 21-дневный курс медицинской реабилитации в Лечебно-реабилитационный клинический центр «Юдино» — филиал ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России с диагнозом по МКБ-10: I 69.3 Поздний восстановительный период ОНМК по ишемическому типу в правой СМА с умеренным левосторонним гемипарезом, умеренным вестибуло-атактическим синдромом, неглект-синдромом (левостороннего игнорирования). Сопутствующее заболевание: I 11.9 Гипертоническая болезнь 3-й стадии, риск 4.

### Анамнестические сведения

Пациент без вредных привычек, по специальности инженер, в течение 35 лет работал на одном предприятии; отличался категоричностью, негибкостью характера, правдолюбием; длительное время состоит в браке, есть дети, отношения с супругой хорошие; на протяжении последних 10 лет страдал гипертонической болезнью с максимальным повышением артериального давления до 200/100 мм рт. ст., адаптирован к АД 130/80 мм рт. ст., регулярную гипотензивную терапию не принимал. Одиннадцать месяцев назад, в период стационарного лечения по поводу тяжелого течения COVID-19, осложнившегося двухсторонней пневмонией с 50%-м поражением легочной ткани, у пациента развился ишемический инсульт с локализацией очага в правом полушарии головного мозга. На компьютерной томографии визуализированы КТ-картина кистозно-глиозных изменений в лобной, теменной, затылочной и височной долях правого полушария головного мозга с признаками небольшой дисциркуляторной энцефалопатии; кальциноз стенок внутренних сонных, позвоночных артерий; викарное расширение наружных ликворосодержащих пространств; небольшая внутренняя заместительная гидроцефалия; латероventрикулоасимметрия. Ультразвуковая доплерография магистральных артерий головы и шеи выявила атеросклероз общей сонной артерии справа, стеноз 20 %; неровный ход позвоночных артерий с обеих сторон; снижение скорости кровотока по левой позвоночной артерии. За прошедшие после острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) одиннадцать месяцев в состоянии пациента отмечается незначительная динамика в неврологическом статусе с сохранением выраженного двигательного дефицита, нарушении самообслуживания (не может самостоятельно одеваться, ухаживать за собой, передвигаться на большие расстояния, полностью опекается супругой).

Пациенту проводился клинический осмотр с использованием оценочных международных шкал до и после завершения курса реабилитации. Независимость в повседневной жизни, способность к самообслуживанию измерялись при помощи шкалы функциональ-

ной независимости в повседневной жизни (Functional independence measure — FIM), повседневная активность — при помощи шкалы Бартел (Barthel Index). Способность к передвижению, мобильность оценивались при помощи индекса мобильности Ривермид (Rivermead mobility index), теста «ходьба 10 метров», теста «Встань и иди» (Time up and go test — TUG). Для оценки баланса и равновесия использовалась шкала баланса Берг (The Berg Balance Scale). Спастичность и степень пареза оценивались при помощи модифицированной шкалы спастичности Эшфорта (Modified Ashworth Scale for grading spasticity, modified by Bohannon & Smith) и 6-балльной шкалы оценки мышечной силы (6-point scale of muscle strength assessment according to L.Mcpeak, 1996; M.Weiss, 1986) соответственно. Оценка эмоционального статуса проводилась при помощи госпитальной шкалы тревоги и депрессии (HADS), шкалы депрессии Бека (определялся уровень депрессии) и шкалы Спилбергера — Ханина (определялись уровни ситуативной и личностной тревожности). Для оценки актуального состояния когнитивных функций использовались следующие методики: батарея лобной дисфункции (Frontal Assessment Battery (FAB)), краткая шкала оценки психического статуса (Mini-Mental State Examination — MMSE), Монреальская шкала оценки когнитивных функций (Montreal Cognitive Assessment — MoCA), таблицы Шульте, позволяющие оценить темп сенсомоторных реакций, распределенность и устойчивость внимания. Также использовалась шкала качества жизни при инсульте (Stroke-Specific Quality Of Life — SS-QOL) для оценки интегративного показателя, включающего в себя утомляемость, роль в семье, эмоциональный фон, характер, самообслуживание, социальное функционирование, функцию верхней конечности, зрение, работу/производительность.

Основные жалобы, предъявляемые пациентом на момент поступления: на слабость в левой руке и ноге, нарушение координации, головокружение. Общее соматическое состояние удовлетворительное, имеет место пастозность левой голени и стопы; ЧСС — 71 в мин, АД — 140/100 мм рт. ст. При неврологическом осмотре выявлены сглаженность левой носогубной складки, симптом ресниц слева; левосторонний гемипарез; повышение мышечного тонуса по спастическому типу в левых конечностях, D < S; сухожильные рефлексы оживлены с двух сторон, больше слева, D < S; положительный симптом Россолимо слева; неуверенное выполнение пальценосовой пробы справа, слева не выполняет из-за пареза. Пяточно-коленную пробу левой ногой не выполняет из-за пареза. В позе Ромберга неустойчив. Розовый, нестойкий дермографизм; умеренный парез мышц левой верхней и нижней конечностей, нарушение координации и функции ходьбы. Результаты неврологического обследования по диагностическим шкалам в начале реабилитации приведены в табл. 1.

Эмоциональный фон ближе к ровному, с недооценкой степени своей инвалидизации: относится к произошедшему повреждению здоровья с некоторым безразличием. Субъективно нарушений памяти и внимания не регистрирует. Сон и аппетит не нарушены. Результаты оценки эмоционального фона, когнитивных функций и качества жизни, по диагностическим шкалам, в начале реабилитации приведены в табл. 2.

**Таблица 1.** Результаты неврологического обследования по диагностическим шкалам на 1-й (до) и 20-й (после) дни реабилитации**Table 1.** Results of neurological examination according to diagnostic scales on 1st day (before) and 20th day (after) rehabilitation

Шкала или опросник, ед. измерения / Scales, measure	Норма / Референсные значения / Norm / Reference values	До / Before	После / After
<b>Шкала функциональной независимости в повседневной жизни, баллы / Functional independence measure — FIM, points</b>	126 (max)	86	89
<b>Индекс мобильности Ривермид, баллы / Rivermead mobility index, points</b>	15 (max)	10	10
<b>Ходьба 10 м, сек / 10 Meter Walk Test, seconds</b>	Норма / Norm 20	65	55
<b>Тест «Встань и иди», сек / Time up and go test — TUG, seconds</b>	< 10 — норма / norm > 30 — не может выходить за пределы помещения один, требуется помощь при ходьбе / cannot go outside the room alone, requires assistance with walking	39	30
<b>Шкала Бартел, баллы / Barthel Index, points</b>	0–20 — полная зависимость / full dependence 21–60 — выраженная зависимость / expressed dependence 61–90 — умеренная зависимость / moderate dependence 91–99 — легкая зависимость / mild dependence	75	80
<b>Шкала баланса Берг, баллы / The Berg Balance Scale, points</b>	0–20 — передвижение с помощью инвалидного кресла / movement with the help of a wheelchair 21–40 — ходьба с опорой / walking with support 41–56 — полная независимость при передвижении / complete independence of movement	43	46
<b>Модифицированная шкала спастичности Эшфорта, баллы / Modified Ashworth Scale, points</b>	0	1	1
<b>6-балльная шкала оценки мышечной силы, баллы / 6-point scale of muscle strength assessment, points</b>	5	Рука: 2 Нога: проксимально 3, дистально 3 / Arm: 2 Leg: proximally 3, distally 3	Рука: 3 Нога: проксимально 3, дистально 3 / Arm: 3 Leg: proximally 3, distally 3
<b>Визуально-аналоговая шкала боли, баллы / Visual Analog Scale, points</b>	0	0	0

Первичное нейropsychологическое обследование. Пациент доступен продуктивному речевому контакту. Всесторонне ориентирован. Речь нечеткая, с признаками дизартрии. Эмоционально-интонационный компонент речи регулируется. Мимика и жесты адекватны ситуации. Дистанцию соблюдает. На вопросы отвечает в плане заданного. Экспертная мотивация формируется. Мотивационный компонент недостаточен. Инструкцию понимает. Помощь экспериментатора принимает не всегда эффективно. Критика к своему состоянию и результатам своей деятельности снижена. Темп деятельности и работоспособность снижены. Истошаем. Профиль латеральной организации: правая рука. Анализ

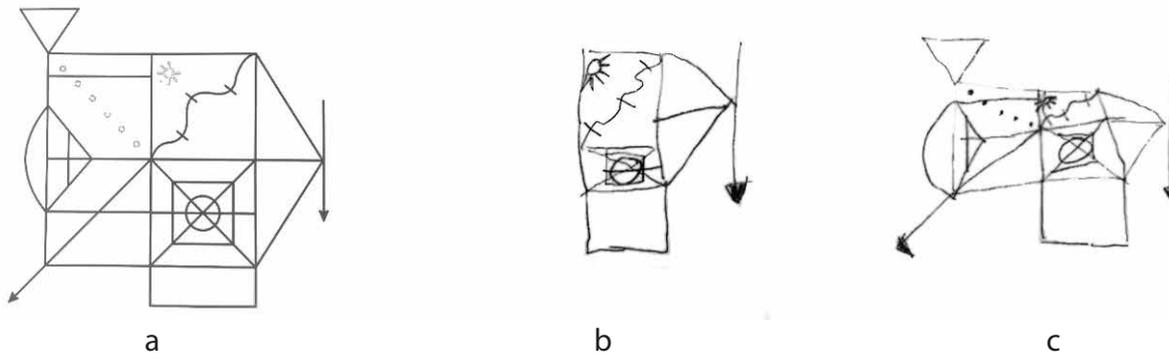
копирования конструктивно сложной фигуры Тейлора выявил наличие выраженного левостороннего игнорирования (рис. 1b).

Копирование фигуры происходило с нарушением вектора сканирования справа налево. Отмечались структурно-топологические (нарушение принципа схемы пространственного строения фигуры) и метрические ошибки. Недостаточность зрительного гнозиса проявлялась в игнорировании левого пространства, нарушении направления вектора сканирования при восприятии стимулов, нарушении узнавания сенсibilизированных изображений в пробах («Перечеркнутые изображения»,

**Таблица 2.** Результаты оценки эмоционального фона, когнитивных функций и качества жизни по диагностическим шкалам на 1-й (до) и 20-й (после) день реабилитации

**Table 2.** Results of assessment of emotional background, cognitive functions and quality of life according to diagnostic scales on 1st day (before) and 20th day (after) rehabilitation

Шкала или опросник, ед. измерения / Scales, measure	Норма, референсные значения / Reference values, scoring	До / Before	После / After
<b>Шкала депрессии Бека, баллы / Beck Depression Inventory (BDI), points</b>	9 — депрессии нет / no depression; 10–18 — легкая / mild 19–29 — умеренная / moderate; 30 и более — тяжелая депрессия / severe depression	6	9
<b>Шкала Спилбергера — Ханина, баллы / State Trait Anxiety Inventory (STAI), points</b>	Для ситуативной тревожности / For situational anxiety: 35 и менее — низкий уровень тревожных расстройств / 35 and < low level of anxiety disorders, 45 и более — высокий уровень / high level Для личностной / For personality: 34 и менее — низкий уровень тревожных расстройств / low level of anxiety disorders, 45 и более — высокий уровень / high level	27/29	26/30
<b>Госпитальная шкала тревоги и депрессии (HADS), баллы / The Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS), points</b>	0–7 — норма / norm; 8–10 — субклиническая тревога / депрессия / subclinical anxiety / depression; более 11 — выраженная тревога / депрессия / severe anxiety / depression	4/6	3/9
<b>Батарея лобной дисфункции, баллы / Frontal Assessment Battery (FAB), points</b>	16–18 — норма / norm 12–15 — умеренная лобная дисфункция / moderate frontal dysfunction До 11 — лобная деменция / frontal dementia	12	14
<b>Монреальская когнитивная шкала / Montreal Cognitive Assessment (MoCA)</b>	26–30 — норма / norm 25 и меньше — когнитивные нарушения / cognitive impairment	21	27
<b>Методика «Таблицы Шульте», сек / The method of «Schulte Tables», seconds</b>	Норма до 40–50 / Norm up to 40–50	77–51– 60– 77–48	58–44– 52– 43–49
<b>Шкала качества жизни при инсульте, баллы / Stroke-Specific Quality of Life — SS-QOL, points</b>	Max 250 / Max 250	158	187



**Рис. 1.** 1а — конструктивно-сложная фигура Тейлора; 1б — копирование конструктивно-сложной фигуры Тейлора пациентом Н. на момент поступления; 1с — копирование конструктивно-сложной фигуры Тейлора пациентом Н. на момент выписки

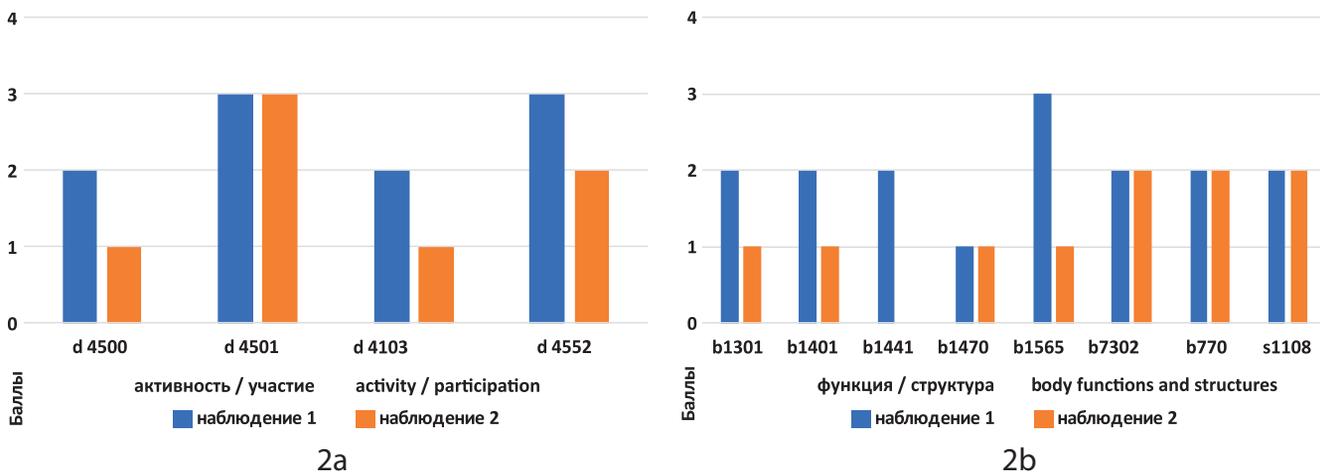
**Fig 1.** 1a — Taylor figure sample; 1b — copying the Taylor figure by the patient at the beginning of rehabilitation; 1c — copying the Taylor figure by the patient at the end of rehabilitation

«Поппелрейтера», «Узнавание предметов с недостающими признаками»). Наблюдаемый апрактоагностический синдром заключался в нарушении схемы тела, в игнорировании левой части тела. Нарушение целостной психической деятельности проявлялось в виде неосознанности левосторонних нарушений, снижение критики к ним — анозогнозией. Двигательная инициатива была сведена к минимуму. Оценка темпа сенсомоторных реакций, распределенности и устойчивости внимания показала превышение нормативных показателей поиска цифр в таблицах Шульце. Поиск цифр осуществлялся с тенденцией к левостороннему игнорированию. Отмечалась недостаточность произвольного внимания в виде сложности удержания программы действий. Темп деятельности и работоспособность были низкими, одновременно выявлено флуктуирующее на-

рушение внимания — неравномерность по времени выполнения отдельных заданий. Оценка когнитивного статуса с применением шкал MoCA и FAB свидетельствовала о наличии когнитивного снижения и умеренной лобной дисфункции.

Таким образом, качественный и количественный анализ результатов нейропсихологического обследования показал нарушение оптико-пространственного анализа и синтеза, недостаточность регуляторного и нейродинамического компонентов психической деятельности.

Реабилитационный диагноз по МКФ, включающий категории «активность и участие» и «структура и функция», представлен на рис. 2 (фигуры а и б соответственно), где 0 баллов — нет нарушений; 1 балл — легкие нарушения; 2 балла — умеренные нарушения; 3 балла — тяжелые нарушения; 4 балла — абсолютные нарушения.



**Рис. 2.** Сравнение компонентов здоровья по МКФ пациента Н. при первичном (набл. 1) и повторном обследовании (набл. 2). 2а — категория «активность и участие»: d 4500 — ходьба на короткие расстояния; d 4501 — ходьба на дальние расстояния; d 4103 — изменение позы при положении сидя; d 4552 — утомляемость; 2б — категория «структура и функция»: b 1301 — мотивация; b 1401 — переключение внимания; b 1441 — долговременная память; b 1470 — психомоторный контроль; b 1565 — визуально-пространственное восприятие; b 7302 — мышечная сила одной стороны тела; b 770 — функция стереотипа походки; s 1108 — структура головного мозга

**Fig 2.** Comparison of health components with using The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) at the start and at the end of rehabilitation. 2A — activities and participation: d 4500 — walking short distances; d4501 — walking long distances; d4103 — sitting; b 4552 — fatiguability. 2B — body functions and structures: b 1301 — motivation; b 1401 — shifting attention; b 1441 — long-term memory; b 1470 — psychomotor control; b 1565 — visuospatial perception; b7302 — power of muscles of one side of the body; b 770 — gait pattern functions; s 1108 — other specified structure of brain

На момент поступления у пациента Н. выявлены наиболее выраженные функциональные дефициты оптико-пространственного фактора (b1565), компонентов регуляторного звена (b1301, b1401), а также низкий объем слухоречевой памяти при отсроченном воспроизведении (b1441) (рис. 2b).

## РЕАБИЛИТАЦИЯ

Реабилитационные мероприятия проводились в стационарных условиях в течение 21 дня и состояли из двигательной реабилитации и занятий с нейропсихологом. Курс двигательной реабилитации включал тренинг стереотипа ходьбы, равновесия и синергизма движений на специализированной нейросенсорной дорожке с БОС; повышение общей выносливости путем занятий на велотренажере; тренировку постурального тонуса и баланса на стабиллоплатформе с БОС; занятия лечебной гимнастикой, включающие упражнения, направленные на укрепление мышц верхних и нижних конечностей и тазового пояса; физиотерапевтические процедуры и массаж для улучшения микроциркуляции конечностей и проприоцептивной чувствительности, электростимуляцию сгибателя стопы, разгибателя кисти. Занятия с нейропсихологом проводились с использованием классических и модернизированных методов нейрореабилитации.

Классические методы нейрореабилитации были направлены на преодоление ОПА и восстановление нейродинамического и регуляторного компонентов психической деятельности на сенсомоторном («психостимулотерапия» и «базальная стимуляция») и когнитивном уровнях психической организации [18, 19]. Применялись элементы сенсорной (соматической) стимуляции, которая предъявлялась с двух сторон поочередно. Соматическая стимуляция осуществлялась в виде пассивного раздражения, осуществляемого нейропсихологом посредством прикосаний или вибрационной стимуляции с воздействием при этом на тактильную и проприоцептивную чувствительность. Основной задачей было восприятие и осознание границ собственного тела, восприятие положения тела в пространстве, восприятие и различение отдельных частей тела. В рамках когнитивной (познавательной) реабилитации применялись такие приемы, как собирание произвольно расположенных на столе перед пациентом предметов, копирование различных по сложности рисунков; корректурные пробы, последовательный поиск чисел, сравнение сходных картинок, собирание разрезанных на несколько частей образов. Продолжительность одного занятия составляла 30–45 мин, всего проведено 10 занятий.

Модернизированные методы представляли собой компьютерные когнитивные тренинги в количестве 14 процедур, по 30 мин каждая, которые проводились дополнительно к индивидуальным занятиям с нейропсихологом на системе компьютерной нейрореабилитации Rechacom (Hasomed). Примеры компьютерных когнитивных тренингов, применяемых в нейрореабилитации для пациента Н., представлены на рис. 3. В двух занятиях использовались программы, направленные на преодоление нарушений поля зрения у пациентов с гемипарезом и синдромом игнорирования («Саккады»,

«Эксплорация»), в остальных 12 — на восстановление зрительно-пространственной функции («Плоскостное изображение», «Зрительно-конструктивные умения») (рис. 3).

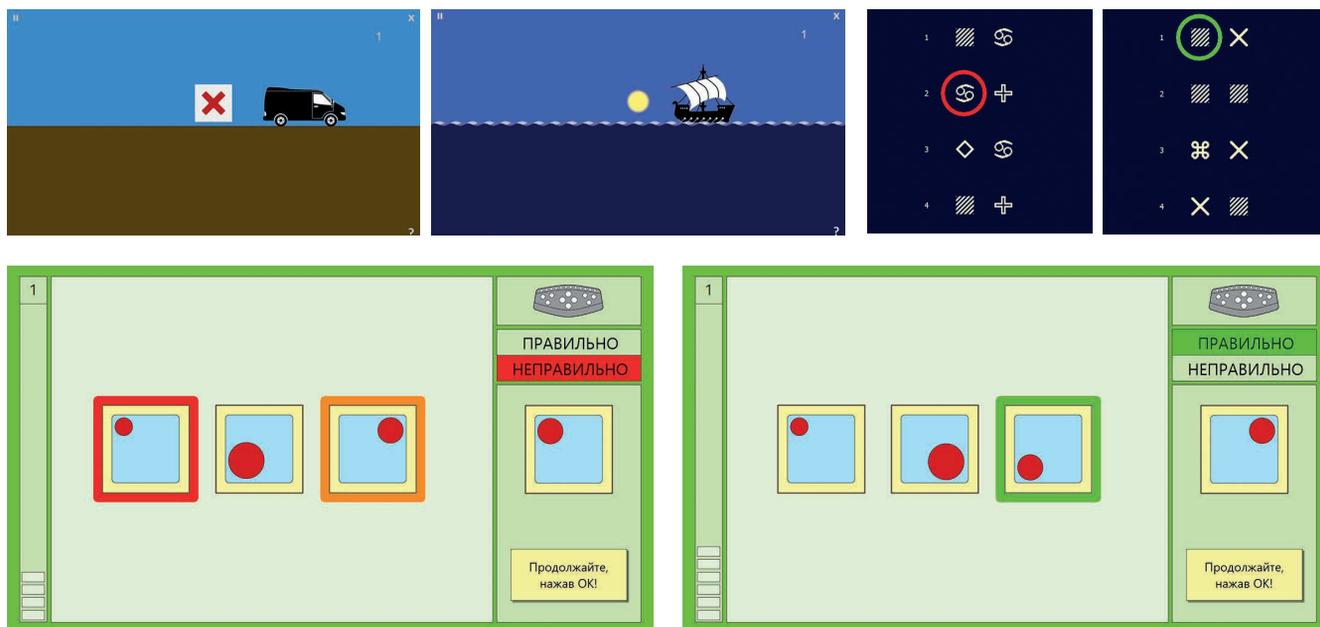
«Саккады» — это тренинг, направленный на улучшение способности видеть и узнавать предъявляемые объекты. Пациенту необходимо было смотреть в центр экрана, на солнце, предъявляемое на линии горизонта. После короткого звукового сигнала около солнца, справа или слева, появлялся стимул. Необходимо было отсканировать линию горизонта вправо и влево, чтобы определить местонахождение объекта от центральной точки, а затем как можно быстрее нажать на соответствующую направлению расположения стимула кнопку. По мере прохождения заданий уровень сложности увеличивался и предметы появлялись уже не на линии горизонта и не на одинаковой удаленности от центрального объекта. Пациент освоил 12 уровней из 34.

Тренинг «Эксплорация» направлен на преодоление зрительного игнорирования и расширение поля зрения. Суть задания заключалась в том, что пациент должен запомнить конкретный заданный объект и отреагировать на него. На первом уровне перед пациентом появляются 8 различных объектов и окружность, которая начинает передвигаться по ним: как только нужный объект окажется внутри окружности, необходимо отреагировать нажатием кнопки. В случае ошибки пациент услышит звуковой сигнал, а также изменение цвета окружности в красный цвет. При правильной реакции сигналов не последует. По мере увеличения уровня количество предъявляемых объектов увеличивается. Пациент остановился на 5-м уровне из 30 имеющихся, с количеством объектов 18 шт.

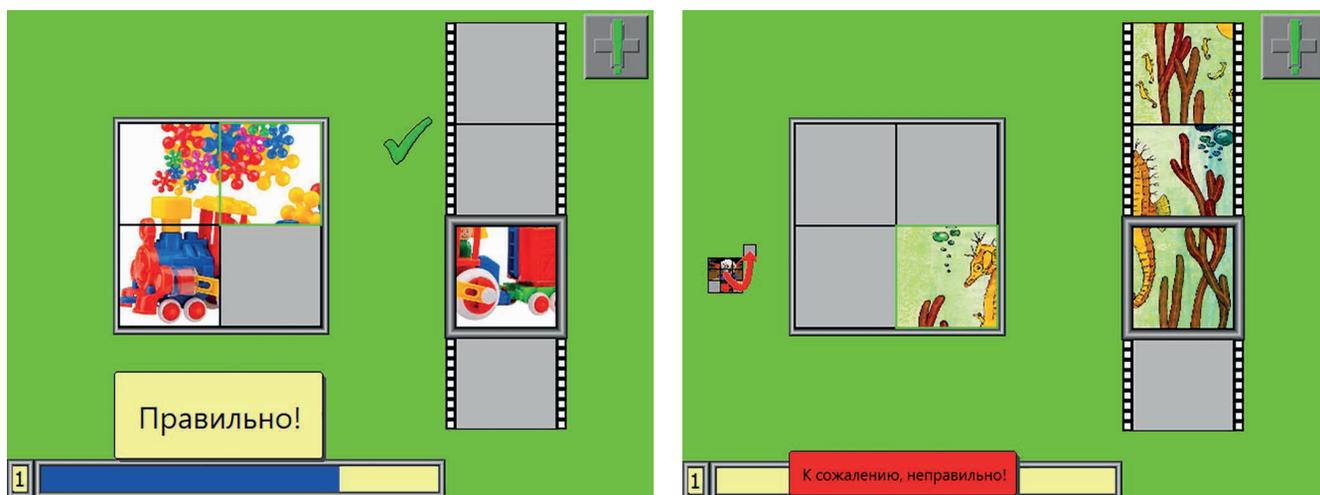
Программа «Пространственное воображение» направлена на восстановление пространственных представлений: перед пациентом на экране появляется ряд из трех и более фигур (количество зависит от уровня сложности) и еще одна в стороне справа. Среди трех картинок необходимо выбрать такую же, как изображена справа в стороне. Важно, что только одна фигура из ряда абсолютно совпадает с той, которая стоит в стороне, но представленное ее расположение может отличаться пространственным расположением. Пациент дошел до 6-го уровня сложности из 24, в котором предъявлялось уже 9 стимулов.

Тренинг «Зрительно-конструктивные навыки» направлен на восстановление целостного восприятия, способности располагать части целого по отношению друг к другу в пространстве. Пациенту необходимо было сложить картинку-головоломку из частей. В зависимости от уровня сложности количество частей увеличивалось. Предварительно пациенту давалась возможность увидеть целостный образ изображения. Затем ему предлагалось собрать этот образ из частей (на 1-м уровне — 4 части) в единый, без ориентировки на образец. Пациент дошел до 3-го уровня сложности из 18 имеющихся, где предлагалось собрать целостный образ из 9 частей.

После проведенных реабилитационных мероприятий в неврологическом состоянии пациента отмечалась положительная динамика в виде повышения мышечной



**Плоскостное воображение / Spatial operations**



**Зрительно-конструктивные навыки / Visuo-constructive abilities**

**Рис. 3 .** Примеры компьютерных когнитивных тренингов, применяемых в нейрореабилитации для пациента Н.  
**Fig 3.** Examples of computer cognitive therapy used in neurorehabilitation for patient N.

силы в левых конечностях, улучшения ходьбы и увеличения толерантности к физической нагрузке, уменьшения боли в коленном суставе, улучшения общего состояния (табл. 1). В психическом состоянии отмечалось улучшение критических способностей в виде осознания своего двигательного и сенсорного нарушения, следствием чего стало ухудшение показателей по шкале депрессии до субклинического уровня и повышения уровня ситуативной и личностной тревожности с низкого (больше свидетельствующего в пользу недооценки ситуации, беспечности) до среднего (являющегося более оптимальным), что, в целом, можно оценить как положительную динамику (табл. 2).

**Результаты нейропсихологической реабилитации и их обсуждение**

Повторное нейропсихологическое обследование, проведенное на 20-й день пребывания пациента в ре-

абилитационном центре, позволило выявить положительную динамику. Анализ копирования конструктивно сложной фигуры Тейлора не выявил наличия левостороннего игнорирования, однако структурно-топологические, метрические и регуляторные ошибки сохранялись (рис. 1b). Недостаточность зрительного гнозиса в сенсibilизированных пробах сохранялась, однако стала менее выраженной. Вектор сканирования информации происходил в рамках нормы правил слева направо. Отмечалось улучшение показателей скорости и времени сенсомоторной реакции. Темп деятельности и работоспособность пациента повысились. Оценка когнитивного статуса свидетельствовала об отсутствии когнитивного снижения на момент повторного обследования, однако умеренная лобная дисфункция сохранялась (табл. 1).

Сравнение компонентов здоровья по МКФ позволило выявить наиболее выраженную положительную

динамику в звене оптико-пространственных представлений и долговременной памяти (рис. 2).

Таким образом, на момент выписки из стационара у пациента отмечается выраженная положительная динамика, в первую очередь наблюдаемая в уменьшении степени выраженности неглект-синдрома, что, в свою очередь, положительно повлияло на восстановление когнитивных функций пациента.

Ориентируясь на данные предыдущих работ, свидетельствующих о том, что процент возникновения левостороннего игнорирования достаточно велик, и на тот факт, что более 60 % пациентов остаются с данным видом нарушения после окончания реабилитационных мероприятий, а также с учетом данных, удостоверяющих, что именно первые 12–14 недель

являются наиболее благоприятными для преодоления неглект-синдрома [10, 11], делаем вывод, что приведенный клинический случай относится к труднопреодолимым, с малой подверженностью выявленной ОПА обратному развитию.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использованный нами в реабилитации пациента Н. комплексный подход оказался эффективным и способствовал восстановлению когнитивных функций, несмотря на то, что с момента ОНМК прошло 11 месяцев.

Полученные результаты подтверждают необходимость активной работы по преодолению неглект-синдрома, несмотря на сроки заболевания, ввиду возможности его обратного развития.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Загайнова Анастасия Юрьевна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела нейрореабилитации и клинической психологии, Лечебно-реабилитационный клинический центр «Юдино» — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России».

E-mail: zagaynovaay@nmicrk.ru, kkk.aaa@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3987-3901>

**Кузюкова Анна Александровна**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела нейрореабилитации и клинической психологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: kuzyukovaaa@nmicrk.ru, anna\_kuzyukova@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9275-6491>

**Добрякова Виктория Владимировна**, невролог, врач-ординатор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России. E-mail: vika3315@gmail.com.

**Рашидова Эльмира Шавкатовна**, научный сотрудник отдела нейрореабилитации и клинической психологии, Лечебно-реабилитационный клинический центр «Юдино» — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: elshav@list.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4792-1486>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы

внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Загайнова А.Ю. — идея проведения исследования, разработка дизайна исследования, отбор и обследование пациента, обработка, анализ и интерпретация данных, написание текста рукописи; Кузюкова А.А. — написание текста рукописи, научная редакция текста рукописи, проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации; Добрякова В.В. — обследование пациента, обработка, анализ и интерпретация данных, проверка критически важного содержания; Рашидова Э.Ш. — обработка, анализ и интерпретация данных.

**Источники финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии наличия внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическое утверждение.** Исследование было одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России (протокол № 5, 9.07.2022).

**Информированное согласие на публикацию.** Получено письменное информированное согласие пациента на публикацию описания клинического случая, результатов обследования и лечения с применением рисунков пациента в медицинском журнале, включая его электронную версию.

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Anastasia Yu. Zagaynova**, Ph.D. (Bio.), Senior Researcher of the Department of Neurorehabilitation and Clinical Psychology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology. E-mail: zagaynovaay@nmicrk.ru, kkk.aaa@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3987-3901>

**Anna A. Kuzyukova**, Ph.D. (Med.), Leading Researcher, Department of Neurorehabilitation and Clinical Psychology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology. E-mail: kuzyukovaaa@nmicrk.ru, anna\_kuzyukova@mail.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9275-6491>

**Victoria V. Dobryakova**, Neurologist, Medical Resident, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: vika3315@gmail.com.

**Elmira Sh. Rashidova**, Researcher of the Department of Neurorehabilitation and Clinical Psychology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology. E-mail: elshav@list.ru;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4792-1486>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special Contributions: Zagaynova A.Yu. — the idea of conducting a study design of the study, selection and examination of the patient, processing, analysis

and interpretation of data, writing the text of the manuscript; Kuzuykova A.A. — writing the text of the manuscript, scientific revision of the text of the manuscript, verification of critical content, approval of the manuscript for publication; Dobryakova V.V. — examination of the patient, processing, analysis and interpretation of data, verification of critical content; Rashidova E.S. — processing, analysis and interpretation of data.

**Funding.** The authors state that there is no external funding for the study.

**Disclosure.** The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Ethics Approval.** The study was approved by the Local Ethics Committee of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Protocol No. 5, 9.07.2022).

**Informed consent for publication.** Written consent was obtained from patient for publication of the clinical case, results of examination and treatment using the patient's drawings in the medical journal, including its electronic version.

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

## Список литературы / References

- Benjamin E.J., Blaha M.J., Chiuve S.E., Cushman M., Das S.R., Deo R. et al. Heart disease and stroke statistics-2017 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2017; (135): e146–603. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000491>.
- Stinear C.M. Stroke rehabilitation research needs to be different to make a difference. *F1000Research*. 2016; (5): 1467. <https://doi.org/10.12688/f1000research.8722.1>.
- Appelros P., Karlsson G.M., Seiger A., Nydevik I. Neglect and anosognosia after first-ever stroke: incidence and relationship to disability. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022; (34): 215–220.
- Buxbaum L.J., Ferraro M.K., Veramonti T., Farne A., Whyte J., Ladavas E., Frassinetti F., and Coslett, H. B. (2004). Hemispatial neglect — subtypes, neuroanatomy, and disability. *Neurology*. 2004; (62): 749–756.
- Heilman K.M., and Valenstein E. Mechanisms underlying hemispatial neglect. *Annals of Neurology*. 1979; (5): 166–170.
- Kerkhoff G. Spatial hemineglect in humans. *Progress in Neurobiology*. 2011; (63): 1–27.
- Doricchi F., Thiebaut de Schotten M., Tomaiuolo F., Bartolomeo P. (2008). White matter (dis)connections and gray matter (dys) functions in visual neglect: gaining insights into the brain networks of spatial awareness. *Cortex*. 2008; (44): 983–995.
- Stone S.P., Halligan P.W., Greenwood R.J. (1993). The incidence of neglect phenomena and related disorders in patients with an acute right or left-hemisphere stroke. *Age and Ageing*. 1993; (22): 46–52.
- Ringman J.M., Saver J.L., Woolson R.F., Clarke W.R., Adams H.P. Frequency, risk factors, anatomy, and course of unilateral neglect in an acute stroke cohort. *Neurology*. 2004; (63): 468–474. <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000133011.10689.CE>.
- Carod-Artal J., Egido J.A., González J.L., Varela de Seijas E. Quality of life among stroke survivors evaluated 1 year after stroke: experience of a stroke unit. *Stroke*. 2000; (31): 2995–3000. <https://doi.org/10.1161/01.STR.31.12.2995>.
- Clarke P., Marshall V., Black S.E., Colantonio A. Well-being after stroke in Canadian seniors: findings from the Canadian Study of Health and Aging. *Stroke*. 2002; (33): 1016–1021. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000013066.24300.F9>.
- Nijboer T.C.W., Kollen B.J., Kwakkel G. Time course of visuospatial neglect early after stroke: a longitudinal cohort study. *Cortex*. 2013; 49(8): 2021–2027. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.11.006>.
- Katz N., Hartman-Maeir A., Ring H., Soroker N. Functional disability and rehabilitation outcome in right hemisphere damaged patients with and without unilateral spatial neglect. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1999; (80): 379–384.
- Bowen A., Hazelton C., Pollock A., Lincoln N.B. (2013). Cognitive rehabilitation for spatial neglect following stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2013; (7): CD003586. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003586.pub3>.
- Cherney L.R., Halper A.S., Kwasnica C.M., Harvey R.L., Zhang M. (2001). Recovery of functional status after right hemisphere stroke: relationship with unilateral neglect. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001; (82): 322–328.
- Di Monaco M., Schintu S., Dotta M., Barba S., Tappero R., Gindri P. (2011). Severity of unilateral spatial neglect is an independent predictor of functional outcome after acute inpatient rehabilitation in individuals with right hemispheric stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2011; (92): 1250–1256.
- Verhoeven C.L., Post M.W., Schiemanck S.K., Van Zandvoort M.J., Vrancken P.H., Van Heugten C.M. (2011). Is cognitive functioning 1 year poststroke related to quality of life domain? *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2011; (20): 450–458.
- Доброхотова Т.А., Зайцев О.С., Гогитидзе Н.В. Психостимулотерапия в реабилитации больных с тяжелой черепно-мозговой травмой, сопровождающейся длительной комой. Методические рекомендации. Москва. 1991: 14 с. [Dobrohotova T.A., Zajcev O.S., Gogitidze N.V. Psihostimuloterapiya v rehabilitacii bol'nyh s tyazhelej cherepno-mozgovoj travmoj, soprovozhdayushcheysya dlitel'noj komoj. Metodicheskie rekomendacii. Moscow. 1991: 14 p. (In Russ.)]
- Доброхотова Т.А., Брагина Н.Н., Зайцев О.С., Гогитидзе Н.В., Ураков С.В. Односторонняя пространственная агнозия. Москва. Издательство «Книга». 1996: 112 с. [Dobrohotova T.A., Bragina N.N., Zajcev O.S., Gogitidze N.V., Urakov S.V. Odnostoronnyaya prostranstvennaya agnoziya. Moscow. Izdatel'stvo «Kniga». 1996: 112 p. (In Russ.)]

Оригинальная статья / Original article

УДК: 612.15

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-112-119>

## Влияние массажа гуа-ша на показатели микроциркуляции

 Дубинская А.Д.<sup>1,\*</sup>,  Юрова О.В.<sup>1</sup>,  Рогаткин Д.А.<sup>2</sup>,  Глазкова П.А.<sup>2</sup>,  Глазков А.А.<sup>2</sup>,  
 Красулина К.А.<sup>2</sup>,  Селиванова Д.С.<sup>2</sup>,  Введенская О.Ю.<sup>3</sup>, Шиверских Я.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup> Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия

<sup>3</sup> Клиника нейромышечной реабилитации «Ревитоника», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Массаж гуа-ша широко применяется в медицине и косметологии. Однако на сегодняшний день крайне мало данных, количественно демонстрирующих изменение перфузии тканей на фоне массажа гуа-ша.

**ЦЕЛЬ.** Изучение показателей микроциркуляции в области проведения массажа гуа-ша.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В исследование было включено 15 условно здоровых женщин, медиана возраста 49 [42,5; 49] лет, индекса массы тела 21,6 [19,1; 23,9] кг/м<sup>2</sup>.

Всем женщинам проводился массаж гуа-ша стерильным нефритовым скребком в течение 5 мин в проекции области лба щадящим косметологическим методом (без появления петехий и экхимозов).

Показатели микроциркуляции оценивали в перфузионных единицах до массажа и в течение 60 мин после массажного воздействия при помощи метода некогерентной оптической флукуационной флоуметрии (НОФФ), реализуемого прототипом нового диагностического прибора «Вазотест».

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В результате исследования было показано существенное увеличение показателя перфузии после процедуры массажа в среднем в 1,85 раза по отношению к исходному уровню (с 6,7 [3,7; 7,9] до 12,4 [10,4; 14,4] ( $p < 0,001$ )). Далее, в течение 35–40 мин после проведения массажа отмечалось плавное экспоненциальное снижение показателя перфузии до исходных показателей ( $p > 0,05$ ).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Количественно зарегистрирована динамика изменения перфузии на фоне массажа гуа-ша, что расширяет научные взгляды на роль массажа гуа-ша в увеличении кровоснабжения тканей. В перспективе индивидуальная оценка перфузии может учитываться для персонализированного подбора тактики проведения процедуры.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** массаж гуа-ша, микроциркуляция, скорость кровотока, капилляротрофическая недостаточность, перфузия.

**Для цитирования / For citation:** Дубинская А.Д., Юрова О.В., Рогаткин Д.А., Глазкова П.А., Глазков А.А., Красулина К.А., Селиванова Д.С., Введенская О.Ю., Шиверских Я.В. Влияние массажа гуа-ша на показатели микроциркуляции. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-112-119>. Dubinskaya A.D., Yurova O.V., Rogatkin D.A., Glazkova P.A., Glazkov A.A., Krasulina K.A., Selivanova D.S., Vvedenskaya O.Yu., Shiverskikh Ya.V. Changes in Microcirculation During Gua Sha Massage. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):112-119. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-112-119> (In Russ.).]

\*Для корреспонденции: Дубинская Анастасия Дмитриевна, E-mail: [dubinskayaad@nmicrk.ru](mailto:dubinskayaad@nmicrk.ru), [adubinskaya@mail.ru](mailto:adubinskaya@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8587-2910>

Статья получена: 09.02.2023

Поступила после рецензирования: 06.03.2023

Статья принята к печати: 17.04.2023

## Changes in Microcirculation During Gua Sha Massage

 Anastasia D. Dubinskaya<sup>1,\*</sup>,  Olga V. Yurova<sup>1</sup>,  Dmitry A. Rogatkin<sup>2</sup>,  
 Polina A. Glazkova<sup>2</sup>,  Alexey A. Glazkov<sup>2</sup>,  Ksenia A. Krasulina<sup>2</sup>,  
 Darya S. Selivanova<sup>2</sup>,  Olga Yu. Vvedenskaya<sup>3</sup>, Yaroslav V. Shiverskikh<sup>3</sup>

<sup>1</sup> National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Neuromuscular Rehabilitation Clinic "REVITONICA", Moscow, Russia

### ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Gua Sha massage is widely used in medicine and cosmetology. However, to date, there are very little data to quantitatively demonstrate changes in tissue perfusion due to Gua Sha massage.

**AIM.** To evaluate the dynamics of perfusion indices in the forehead area after a five-minute Gua Sha massage.

**MATERIALS AND METHODS.** 15 apparently healthy women, median age 49 [42.5; 49] years, body mass index 21.6 [19.1; 23.9] kg/m<sup>2</sup>, were enrolled in the study. Perfusion indices were assessed via the incoherent optical fluctuation flowmetry (IOFF) method using a new prototype diagnostic device Vasotest. Perfusion was assessed before and within 60 minutes following the massage.

**RESULTS.** The study showed a significant increase in perfusion after the massage procedure by an average of 1.85 times compared to the baseline level (from 6.7 [3.7; 7.9] to 12.4 [10.4; 14.4] ( $p < 0.001$ )). Further, within 35–40 minutes after the massage, there was a smooth exponential decrease in the perfusion index from to baseline values ( $p > 0.05$ ).

**CONCLUSIONS.** The dynamics of perfusion changes due to Gua Sha massage have been quantitatively registered, which broadens scientific views on the role of Gua Sha massage in increasing blood supply to tissues. In the future, individual assessment of perfusion can be used to customize the tactics for the procedure.

**KEYWORDS:** Gua Sha massage, microcirculation, blood flow rate, capillarotrophic insufficiency, anti-aging therapy.

**For citation:** Dubinskaya A.D., Yurova O.V., Rogatkin D.A., Glazkova P.A., Glazkov A.A., Krasulina K.A., Selivanova D.S., Vvedenskaya O.Yu., Shiverskikh Ya.V. Changes in the Facial Area Microcirculation During Guasha Massage. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):112-119. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-112-119> (In Russ.).]

\***For correspondence:** Anastasia D. Dubinskaya, E-mail: dubinskayaad@nmicrk.ru, adubinskaya@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8587-2910>

**Received:** 09.02.2023

**Revised:** 06.03.2023

**Accepted:** 17.04.2023

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время использование массажа гуа-ша с помощью специального скребка является широко распространенной процедурой и в клинической практике, и в косметологии. Суть метода заключается в том, что при использовании техники поверхностного трения возникают покраснение кожи и петехии [1]. По данным E. Rogers и соавт., к методам интегративной медицины, таким как иглоукальвание, остеопатическое манипулятивное лечение (ОМТ), массаж гуа-ша, прибегает 31 % населения [2].

Следует отметить очень широкий спектр медицинских показаний для использования массажа гуа-ша. Исследования показывают, что в ходе применения массажа гуа-ша наблюдается выраженный обезболивающий эффект: уменьшение боли при фибромиалгии [3], лопаточном периартериите [4], хронической боли в пояснице [5, 6], головной боли [7], боли в шее [8, 9], нагрубании молочных желез во время лактации [10, 11].

Также массаж гуа-ша используют как вспомогательный метод восстановления двигательной и чувствительной функции у пациентов в комплексе реабилитационных

мероприятий после инсульта [12] и в качестве восстановительной процедуры в спортивной медицине. Так, проведение массажа после соревнований позволило улучшить самочувствие спортсменов и уменьшить чувство усталости, а также способствовало восстановлению структуры мышечной ткани [13].

Основным эффектом применения массажа гуа-ша является обезболивающий эффект [14, 15, 16]. Также наряду с обезболивающим описаны противовоспалительный [17], иммуностимулирующий [18] и антиоксидантный [19] эффекты массажа гуа-ша.

Представляется логичным, что применяемое при массаже механическое воздействие на кожу, кровеносные и лимфатические сосуды кожи, подкожную жировую клетчатку, мышцы способствует изменению параметров микроциркуляции в области воздействия. Однако работ, которые бы описывали влияние массажа гуа-ша именно на микроциркуляторное русло и перфузию тканей кровью, очень мало [4, 20, 21].

Фактически статья A. Nielson с соавт. [21] чуть ли не единственный источник, в котором показано, что

проведение массажа гуа-ша в области спины приводит к существенному улучшению микроциркуляции в области проведения массажа (авторами было зафиксировано 4-кратное увеличение перфузии). Других работ, имеющих доказательную базу влияния гуа-ша на показатели микроциркуляции, найти не удалось. Все вышеизложенное привело к проведению настоящего исследования.

**ЦЕЛЬ**

Изучение показателей перфузии в области проведения массажа гуа-ша щадящим способом.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для изучения динамики гемодинамических показателей на фоне проведения массажа гуа-ша было проведено наблюдательное исследование у 15 условно здоровых женщин, подписавших добровольное информированное согласие.

Всем пациенткам, участвующим в исследовании, в положении лежа проводили массаж гуа-ша стерильным нефритовым скребком в течение 5 мин в проекции области лба. Проведение массажа осуществлялось по классическим схемам (направление и массажные линии) щадящим косметологическим методом, в основе которого лежит создание миопаралитической артериальной гиперемии без травматизации кожи и микрососудов, которые могли бы вызвать эстетические нарушения внешности. При проведении массажа гуа-ша бальзамы и кремы не использовались (рис. 1).

Всех участников исследования просили воздержаться от курения, приема пищи и кофеинсодержащих напитков минимум за 3 часа до измерения. Перед измерением обследуемые в течение минимум 15 мин проводили в месте для адаптации к условиям помещения.

**Критерии включения**

1. Женский пол.
2. Возраст от 30 до 50 лет.
3. Соматическое здоровье.
4. Жалобы на неудовлетворенность собственной внешностью.
5. Отсутствие противопоказаний для выполнения массажа.
6. Наличие информированного согласия на участие в исследовании.

**Критерии не включения**

1. Наличие перенесенных пластических операций, инъекций ботулотоксина, операций дерматохирургии (эндоскопический лифтинг лба, пластика губ).
2. Наличие общих и местных противопоказаний для проведения массажа.
3. Беременность.
4. Тяжелые нарушения ритма сердца (мерцательная аритмия, частые экстрасистолы).
5. Заболевания крови (тромбоцитопения, анемия — гемоглобин менее 90 г/л).
6. Хроническая болезнь почек 3-й стадии и выше.
7. Наличие состояний, не позволяющих пациенту самостоятельно добраться до места исследования и пройти его (декомпенсированные хронические заболевания, психические заболевания).
8. Прием стероидных препаратов (в том числе КОК).

**Критерии исключения**

1. Несоблюдение протокола исследования.
2. Наличие нежелательных явлений в ходе исследования.
3. Отказ от участия в исследовании.

Регистрацию перфузии проводили с помощью метода некогерентной оптической флукуационной флоуметрии (НОФФ), реализуемого прототипом нового диагностического прибора «Вазотест» [22]. Метод НОФФ основан на анализе низкочастотных флукуаций (0–10 Гц) обратно рассеянного от кожи оптического сигнала, излучаемого с помощью некогерентного источника света — светодиода [23]. Использовались светодиодные источники излучения, работающие в диапазоне длин волн 560–590 нм. Фотоприемником служил кремневый фотодиод. Вычисляемый в ходе обработки сигнала показатель перфузии пропорционален флукуациям кровенаполнения в зондируемом объеме ткани в единицу времени [24].

**Протокол измерения показателя перфузии**

В течение 10 мин до начала измерения обследуемая находилась в лежачем расслабленном состоянии, после чего проводили оценку перфузии в области лба (базовый уровень перфузии). Далее в течение 5 мин проводили процедуру массажа при помощи скребка гуа-ша в области лба.



**Рис. 1.** Выполнение массажа гуа-ша длительностью 5 мин в лобной области (слева). Регистрация полученных данных (справа)

**Fig. 1.** Performing a 5-minute Gua Sha massage in the forehead area (left). Registration of the received data (on the right)



**Рис. 1.** Измерение перфузии в ходе проведения исследования с помощью неинвазивного оптического прибора «Вазотест»  
**Fig. 1.** Measurement of perfusion during the study using a non-invasive optical device «Vasotest»

После чего через каждые 5 мин в течение 60 мин после воздействия проводили оценку перфузии в области лба.

Для оценки относительного прироста перфузии рассчитывали процент прироста медианы перфузии на каждом пятиминутном интервале после воздействия.

Статистический анализ проводили в программе RStudio 2022.07.2 (RStudio PBC) с помощью языка R версии 4.2.2. Так как распределение анализируемых показателей отличалось от нормального, для описания количественных переменных рассчитывали медианы (Me) и квартили (LQ, UQ), а также минимум и максимум (Min, Max). Сравнение показателей в группе проводили с помощью критерия Вилкоксона для связанных выборок с поправкой Хольма—Бонферрони на множе-

ственные сравнения. Уровень ошибки первого рода был принят равным 0,05. Нулевые гипотезы отвергали при  $p < 0,05$ .

Расчет необходимого объема выборки проводился в программе G\*Power 3.1.9.7 и показал, что для того, чтобы обнаружить 50%-ю динамику показателя перфузии с учетом коэффициента вариабельности на уровне 40–50 % с уровнем ошибки первого рода 0,05 и мощностью 90 % необходимо набрать в группу не менее 14 пациентов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика пациенток представлена в табл. 1, динамика показателей перфузии представлена в табл. 2.

**Таблица 1.** Клиническая характеристика группы обследуемых  
**Table 1.** Clinical characteristics of the group of subjects

Исследуемый параметр / Parameter under study	Me [LQ; UQ]	Min–Max
Возраст, год / Age, year	49 [42,5; 49]	35–51
САД, мм рт. ст. / SBP, mm Hg Art.	109 [99,5; 120]	87–142
ДАД, мм рт.ст. / DBP, mm Hg	71 [66; 82]	58–91
ЧСС, уд./мин / Heart rate, beats/min	66 [61; 70,5]	53–77
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg/m <sup>2</sup>	21,6 [19,1; 23,9]	17–29,4

Как видно из табл. 2, через 5 мин после проведения массажа гуа-ша показатель перфузии увеличился в среднем в 1,85 раза, по сравнению с исходным уровнем (с 6,7 [3,7; 7,9] ПЕ до 12,4 [10,4; 14,4] ПЕ,  $p < 0,001$ ). В течение 35 мин после проведения массажа отмечено плавное снижение показателей перфузии, при этом через 20 мин после проведения массажа показатели перфузии были существенно выше исходных показателей. Через 40 мин показатели перфузии возвращались к исходным показателям.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование параметров перфузии проводится при широком спектре состояний и патологий [25, 26]. Показатели перфузии позволяют оценить исходное состояние микроциркуляции пациента, а также проводить оценку

влияния функциональных нагрузочных тестов и различных вмешательств на показатели гемодинамики [27, 28].

В настоящее время наиболее часто параметры микроциркуляции оценивают методами лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) или лазерного спекл-контрастного анализа и визуализации [29, 25].

Однако в настоящем исследовании для оценки параметров перфузии на фоне массажа гуа-ша применялся метод НОФФ, преимуществами которого являются хорошая воспроизводимость, а также возможность за счет конструкции датчика с разнесенными на расстояние 4–5 мм светодиодами и фотодиодом неинвазивной количественной оценки перфузии на участке ткани площадью около 1 см<sup>2</sup> с глубиной зондирования примерно в 2–3 мм [23].

В результате исследования было показано, что массаж гуа-ша приводит к достоверно значимому повы-

**Таблица 2.** Динамика показателей перфузии в области лба в различные периоды наблюдения при проведении массажа гуа-ша

**Table 2.** Dynamics of perfusion indicators in the forehead area in different periods of observation during the massage of the Gua Sha

Период наблюдения / Observation period	Показатели перфузии, ПЕ Perfusion indicators, PE		p
	Me [LQ; UQ]	Min – Max	
До проведения массажа / Before the massage	6,7 [3,7; 7,9]	1,1–10,7	-
Через 5 мин после массажа / In 5 min after massage	12,4 [10,4; 14,4]	8–18	< 0,001
Через 10 мин после массажа / In 10 min after massage	11,2 [9,2; 13,2]	7,7–19	< 0,001
Через 15 мин после массажа / In 15 min after massage	9,9 [8; 11,5]	6,3–16	< 0,001
Через 20 мин после массажа / In 20 min after massage	9,1 [7; 10,8]	5,4–11,9	0,01
Через 25 мин после массажа / In 25 min after massage	8,1 [6,5; 9,6]	5,1–11,4	0,054
Через 30 мин после массажа / In 30 min after massage	7,5 [5,9; 9,2]	4,8–10,9	0,247
Через 35 мин после массажа / In 35 min after massage	7,2 [6,3; 8,7]	4,6–12,1	0,568
Через 40 мин после массажа / In 40 min after massage	6,5 [6,1; 8,2]	4,7–11,2	1,0
Через 45 мин после массажа / In 45 min after massage	6,5 [6; 7,9]	4,5–10,4	1,0
Через 50 мин после массажа / In 50 min after massage	6,5 [5,8; 7,5]	4,4–10,5	1,0
Через 55 мин после массажа / In 55 min after massage	6,6 [5,7; 7,7]	4,2–10,2	1,0
Через 60 мин после массажа / In 60 min after massage	6,8 [5,4; 7,6]	4,4–10	1,0

**Примечание:** статистически значимые различия показателей перфузии в сравнении с уровнем перфузии до массажа ( $p < 0,05$ ); Me — медиана, LQ — нижний квартиль, UQ — верхний квартиль, Min — минимальное значение в группе, Max — максимальное значение в группе; ПЕ — перфузионные единицы.

**Note:** statistically significant differences in perfusion indices in comparison with the level of perfusion before massage ( $p < 0.05$ ); Me — median, LQ — lower quartile, UQ — upper quartile, Min — minimum value in the group, Max — maximum value in the group; PE — perfusion units.

шению показателя перфузии непосредственно после проведения процедуры массажа, который сохранялся на существенно более высоком уровне по сравнению с исходными показателями в течение 25 мин после проведения массажа. Возвращение показателя перфузии до исходных показателей отмечено через 40 мин после проведения массажа.

Анализ полученных результатов позволяет говорить о том, что применение массажа гуа-ша способствует значимой дилатации сосудов в месте проведения массажа, что подтверждается исследованиями ряда авторов.

Так, в исследовании A.Nielsen и соавт. после проведения массажа гуа-ша в области спины регистрировалось 4-кратное увеличение перфузии в области проведения массажа, при этом, по данным авторов, достоверно зна-

чимое увеличение перфузии по сравнению с исходными показателями сохранялось в течение 25 мин [21].

В исследовании L.Monteiro Rodrigues и соавт. поглаживающий массаж ног приводил к значимому многократному приросту перфузии стоп, однако показатели перфузии снижались до уровня исходных показателей практически сразу после прекращения воздействия [30].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достоверно значимое повышение показателя перфузии при проведении массажа гуа-ша в месте воздействия (область лба) щадящим косметологическим методом (без появления петехий и экхимозов) позволяет расширить научные взгляды о влиянии массажа гуа-ша на показатели кровоснабжения тканей в области лица, расширить показания к его проведению.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

**Дубинская Анастасия Дмитриевна**, кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры физической терапии и медицинской реабилитации, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: dubinskayaad@nmicrk.ru, adubinskaya@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8587-2910>

**Юрова Ольга Валентиновна**, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе и образовательной деятельности, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: yurovaov@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>

**Рогаткин Дмитрий Алексеевич**, доктор технических наук, заведующий лабораторией медико-физических исследований, ГБУЗ Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского».

E-mail: rogatkin@medphyslab.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7755-308X>

**Глазкова Полина Александровна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории медико-физических исследований, ГБУЗ Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского».

E-mail: polinikul@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8830-7503>

**Глазков Алексей Андреевич**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории медико-физических исследований, ГБУЗ Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского».

E-mail: staaglz@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6122-0638>

**Красулина Ксения Андреевна**, старший лаборант лаборатории медико-физических исследований, ГБУЗ Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского».

E-mail: krasulinaka@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4146-930X>

**Селиванова Дарья Сергеевна**, старший лаборант лаборатории медико-физических исследований, ГБУЗ Московской области «Московский областной научно-исследовательский клиниче-

ский институт им. М.Ф. Владимирского».

E-mail: selivanova@medphyslab.com;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0303-1904>

**Введенская Ольга Юрьевна**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, Клиника нейромышечной реабилитации «Ревитоника».

E-mail: olga.vwedenskaya@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7808-269X>

**Шиверских Ярослав Витальевич**, сотрудник, Клиника нейромышечной реабилитации «Ревитоника».

E-mail: shiver.yar@mail.ru.

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: Дубинская А.Д. — разработка концепции статьи, разработка дизайна исследования, интеграция практических методов и теоретических положений, написание и редактирование рукописи, формулировка выводов; Юрова О.В. — научное консультирование, методическое обоснование концепции статьи, интерпретация данных, написание и редактирование рукописи, формулировка выводов; Рогаткин Д.А. — разработка дизайна исследования, интерпретация данных, написание фрагментов текста рукописи; Глазкова П.А. — разработка дизайна исследования, сбор данных, написание фрагментов текста рукописи; Глазков А.А. — получение, анализ и интерпретация данных, корректировка текста рукописи; Красулина К.С. — проведение измерений, корректировка текста рукописи; Селиванова Д.С. — проведение измерений, корректировка текста рукописи; Введенская О.Ю. — подбор и анализ литературных источников, написание и редактирование текста рукописи, корректировка текста рукописи; Шиверских Я.В. — выполнение массажа, получение данных, подготовка пациентов к исследованию.

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Юрова О.В. — заместитель главного редактора журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

**ADDITIONAL INFORMATION**

**Anastasia D. Dubinskaya**, Ph.D. (Ped.), Research Assistant, Faculty of Physical Therapy and Medical Rehabilitation, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: dubinskayaad@nmicrk.ru, adubinskaya@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8587-2910>

**Olga V. Yurova**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Science and Professional Education, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: yurovaov@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>

**Dmitry A. Rogatkin**, Dr.Sci (Tech.), Head of the Laboratory of Medical and Physics Research, Moscow Regional Research and Clinical Institute.

E-mail: rogatkin@medphyslab.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7755-308X>

**Polina A. Glazkova**, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Laboratory of Medical and Physics Research, Moscow Regional Research and Clinical Institute.

E-mail: polinikul@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8830-7503>

**Alexey A. Glazkov**, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Laboratory of Medical and Physics Research, Moscow Regional Research and Clinical Institute.

E-mail: staaglz@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6122-0638>

**Ksenia A. Krasulina**, Research Technician, Laboratory of Medical and Physics Research, Moscow Regional Research and Clinical Institute.

E-mail: krasulinaka@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4146-930X>

**Darya S. Selivanova**, Research Technician, Laboratory for Medical and Physics Research, Moscow Regional Research and Clinical Institute.

E-mail: selivanova@medphyslab.com;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0303-1904>

**Olga Yu. Vvedenskaya**, Ph.D. (Med.), Research Adviser, Neuromuscular Rehabilitation Clinic "REVITONICA".

E-mail: olga.vvedenskaya@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7808-269X>

**Yaroslav V. Shiverskikh**, Research Assistant, Neuromuscular Rehabilitation Clinic "REVITONICA".

E-mail: shiver.yar@mail.ru.

**Author Contributions.** All authors confirm the compliance of their authorship, according to international ICMJE criteria (all authors made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Dubinskaya A. D. — development of article concept, development of research design, integration of practical methods and theoretical provisions,

writing and editing of the manuscript, formulation of conclusions; Yurova O. V. — scientific counseling, methodological justification of the article concept, data interpretation, manuscript writing and editing, formulation of conclusions; Rogatkin D. A. — development of research design, interpretation of data, writing of manuscript text fragments; Glazkova P. A. — development of research design, data collection, writing of manuscript text fragments; Glazkov A. A. — acquisition, analysis and interpretation of data, correction of manuscript text; Krasulina K. S. — carrying out measurements, correction of manuscript text; Selivanova D. S. — carrying out measurements, correction of manuscript text; Vvedenskaya O. Y. — selection and analysis of literature sources, writing and editing of manuscript text, correction of manuscript text.

**Funding.** This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** Yurova O. V. — Deputy Editor-in-Chief of the Bulletin of Rehabilitation Medicine. The other authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

## Список литературы / References

1. Лариса Самойлова. Исцели себя сам. Китайский массаж гуа-ша. Школа пан хэмина. Санкт-Петербург. Питер. 2004: 210 с. [Larisa Samo]lova. Isceli sebya sam. Kitajskij massazh guasha. Shkola pan hemina. Sankt-Peterburg. Piter. 2004: 210 p. (In Russ.)]
2. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Функциональная диагностика микроциркуляторно-тканевых систем: Руководство для врачей. М.: Либроком. 2013: 496 с. [Krupatkin A.I., Sidorov V.V. Funkcional'naya diagnostika mikrocirkulyatorno-tkanevyh sistem: Rukovodstvo dlya vrachej. Moscow. Librokom. 2013: 496 p. (In Russ.)]
3. Nielsen Arya, Ben Kliger, Brian S. Koll. Safety Protocols for Guasha (press-stroking) and Baguan (cupping). *Complementary Therapies in Medicine*. 2012; 20(5): 340–344. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2012.05.004>
4. Цолин В.А., Хазрон Д.С. Китайский массаж гуа-ша. Наука в современном информационном обществе. North Charleston, USA, 12–13 ноября 2018 года. Материалы XVII Международной научно-практической конференции. 2018: 10–12. [Colin V.A., Hazron D.S. Kitajskij massazh-gua-sha. / Nauka v sovremennom informacionnom obshchestve. North Charleston, USA, 12–3 noyabrya 2018 goda. Materialy XVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2018: 10–12 (In Russ.)]
5. Felix J. Saha, Gianna Brummer, Romy Lauche, Thomas Ostermann, Kyung-Eun Choi, Thomas Rampp, Gustav Dobos, Holger Cramer. Guasha therapy for chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. 2019; (34): 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2018.11.002>
6. Yu-Wei Wang, Zhen-Wen Xi, Bin Pu, Guang-Yan Chen, Yu-Feng Ma, Ding-Long Liu, Xiao Xu. Guasha therapy for chronic low back pain: A protocol for systematic review. *Medicine*. 2020; 99(40): e20606. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000020606>
7. Myriam E. Schwickert, Felix J. Saha, Max Braun, Gustav J. Dobos. Guasha for migraine in inpatient withdrawal therapy of headache due to medication overuse. *Forschende Komplementärmedizin*. 2007; 14(5): 297–300. [https://doi.org/10.1142/9789811209062\\_0062](https://doi.org/10.1142/9789811209062_0062)
8. Maximilian Braun, Miriam Schwickert, Arya Nielsen, Stefan Brunnhuber, Gustav Dobos, Frauke Musial, Rainer Lütke, Andreas Michalsen. Effectiveness of traditional Chinese "guasha" therapy in patients with chronic neck pain: a randomized controlled trial. *Pain Medicine*. 2011; 12(3): 362–9. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2011.01053.x>
9. Romy Lauche, Klaus Wübbeling, Rainer Lütke, Holger Cramer, Kyung-Eun Choi, Thomas Rampp, Andreas Michalsen, Jost Langhorst, Gustav J Dobos. Randomized controlled pilot study: pain intensity and pressure pain thresholds in patients with neck and low back pain before and after traditional East Asian "guasha" therapy. *The American Journal of Chinese Medicine*. 2012; 40(5): 905–17. <https://doi.org/10.1142/s0192415x1250067x>
10. Ching-Yu Chiu, Ching-Yi Chang, Meei-Ling Gau. An experience applying Gua-Sha to help a parturient women with breast fullness. *Hu Li Za Zhi*. 2008; 55(1): 105–10.
11. Jin-Yu Chiu, Meei-Ling Gau, Shu-Yu Kuo, Yung-Hsien Chang, Su-Chen Kuo, Hui-Chuan Tu. Effects of Gua-Sha therapy on breast engorgement: a randomized controlled trial. *Journal of Nursing Research*. 2010; 18(1): 1–10. <https://doi.org/10.1097/jnr.0b013e3181ce4f8e>
12. Попов С.Н., Бушкова Ю.В., Хайцзяо Чжан. Массаж гуа-ша в комплексной дифференцированной методике реабилитации больных церебральным ишемическим инсультом на стационарном этапе восстановления. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2009; 9(69): 15–21. [Popov S.N., Bushkova Yu.V., Hajczyao Chzhan. Massazh gua-sha v kompleksnoj differencirovannoj metodike rehabilitacii bol'nyh cerebral'nym ishemicheskim insul'tom na stacionarnom etape vosstanovleniya. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya medicina*. 2009; 9(69): 15–21 (In Russ.)]
13. Xingze Wang, Baohui Jia, Houyong Zhong, Xingyu Huang, Rong Chen, Jinsheng Yang. Effects of Gua Sha therapy on weightlifting training: a randomized trial. *Journal of Traditional Chinese Medicine*. 2019; 39(4): 575–581.
14. Dorothee Spohn, Frauke Musial, Roman Rolke. Naturopathic reflex therapies for the treatment of chronic pain Part 2: Quantitative sensory testing as a translational tool. *Forschende Komplementärmedizin*. 2013; 20(3): 225–30. <https://doi.org/10.1159/000353446>
15. Frauke Musial, Andreas Michalsen, Gustav Dobos. Functional chronic pain syndromes and naturopathic treatments: neurobiological foundations. *Forschende Komplementärmedizin*. 2008; 15(2): 97–103. <https://doi.org/10.1159/000121321>
16. Frauke Musial, Dorothee Spohn, Roman Rolke. Naturopathic reflex therapies for the treatment of chronic back and neck pain Part 1: Neurobiological foundations. *Forschende Komplementärmedizin*. 2013; 20(3): 219–24. <https://doi.org/10.1159/000353392>
17. Min Yang, Hongyan Zhang, Rongzhao Yue, Qinchuan Shi, Yaoyao Bian. Guasha attenuates thermal hyperalgesia and decreases proinflammatory cytokine expression in serum in rats with lumbar disc herniation induced by autologous nucleus pulposus. *Journal of Traditional Chinese Medicine*. 2018; 38(5): 698–704. [https://doi.org/10.1016/s0254-6272\(18\)30908-7](https://doi.org/10.1016/s0254-6272(18)30908-7)

18. Tingting Chen, Ninghua Liu, Jinxuan Liu, Xiaoying Zhang, Zhen Huang, Yuhui Zang, Jiangning Chen, Lei Dong, Junfeng Zhang, Zhi Ding. Guasha, a press-stroke treatment of the skin, boosts the immune response to intradermal vaccination. *Peer J*. 2016; (4): e2451. <https://doi.org/10.7717/peerj.2451>
19. Kenneth K. Kwong, Lenuta Kloetzer, Kelvin K. Wong, Jia-Qian Ren, Braden Kuo, Yan Jiang, Y Iris Chen, Suk-Tak Chan, Geoffrey S Young, Stephen T C Wong. Bioluminescence imaging of heme oxygenase-1 upregulation in the Guasha procedure. *Journal of Visualized Experiments*. 2009; 28(30): 1385. <https://doi.org/10.3791/1385>
20. Nielsen Arya, Ben Kligler, Brian S. Koll. Safety Protocols for Guasha (press-stroking) and Baguan (cupping). *Complementary Therapies in Medicine*. 2012; 20(5): 340–344. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2012.05.004>
21. Nielsen A., Knoblauch N.T., Dobos G.J., Michalsen A., Kaptschuk T.J. The effect of Guasha treatment on the microcirculation of surface tissue: a pilot study in healthy subjects. *EXPLORE*. 2007; 3(5): 456–466. <https://doi.org/10.1016/j.explore.2007.06.001>
22. Глазков А.А., Лапитан Д.Г., Макаров В.В., Рогаткин Д.А. Оптический неинвазивный автоматизированный прибор для исследования центральной и периферической гемодинамики. Физические основы приборостроения. 2021; 10(4):28–36. <https://doi.org/10.25210/jfop-2104-028036> [Glazkov A.A., Lapitan D.G., Makarov V.V., Rogatkin D.A. Optical non-invasive automated device for the study of central and peripheral hemodynamics. *Physical Bases of Instrumentation*. 2021; 10(4): 28–36. <https://doi.org/10.25210/jfop-2104-028036> (In Russ.)]
23. Lapitan D., Rogatkin D. Optical incoherent technique for noninvasive assessment of blood flow in tissues: Theoretical model and experimental study. *Journal of Biophotonics*. 2021; 14(5): e202000459. <https://doi.org/10.1002/jbio.202000459>
24. Lapitan D.G., Raznitsyn O.A. A Method and a Device Prototype for Noninvasive Measurements of Blood Perfusion in a Tissue. *Instruments and Experimental Techniques*. 2018; 61(5): 745–750. <https://doi.org/10.1134/s0020441218050093>
25. Cracowski, J.L. Current methods to assess human cutaneous blood flow: an updated focus on laser-based-techniques. *Microcirculation*. 2016; 23(5): 337–344. <https://doi.org/10.1111/micc.12257>
26. Roustit M., Cracowski J.L. Non-invasive assessment of skin microvascular function in humans: an insight into methods. *Microcirculation*. 2012; 19(1): 47–64. <https://doi.org/10.1111/j.1549-8719.2011.00129.x>
27. Amy E. Rogers, Joshua Baker, Anthony Beutler, Catherine Witkop, Jeffrey C. Leggit. Injury and Illness Surveillance During the 2016 Department of Defense Warrior Games: Review of Methods and Results. *Military Medicine*. 2019; 184(11–12): e616–e621. <https://doi.org/10.1093/milmed/usz063>
28. Лапитан Д.Г., Рогаткин Д.А. Функциональные исследования системы микроциркуляции крови методом лазерной доплеровской флоуметрии в клинической медицине: проблемы и перспективы. Альманах клинической медицины. 2016; 44(2): 249–259. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2016-44-2-249-259> [Lapitan D.G., Rogatkin D.A. Functional studies on blood microcirculation system with laser doppler flowmetry in clinical medicine: problems and prospects. *Almanac of Clinical Medicine*. 2016; 44(2): 249–259. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2016-44-2-249-259> (in Russ.)]
29. Рогаткин Д.А. Физические основы современных оптических методов исследования микрогемодинамики in vivo. Лекция. Медицинская физика. 2017; (4): 75–93. [Rogatkin D.A. Fizicheskie osnovy sovremennyh opticheskikh metodov issledovaniya mikrohemodinamiki in vivo. Lekciya. *Meditsinskaya Fizika*. 2017; (4): 75–93 (In Russ.)]
30. Luis Monteiro Rodrigues, Clemente Rocha, Hugo T. Ferreira, Henrique N. Silva. Lower limb massage in humans increases local perfusion and impacts systemic hemodynamics. *Journal of Applied Physiology*. 2020; 128(5): 1217–1226. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00437.2019>

## Влияние методик вторичной профилактики на приверженность к лечению в рамках кардиореабилитации пациентов после катетерной абляции: проспективное исследование

 Бадтиева В.А.<sup>1</sup>,  Погосова Н.В.<sup>2,3</sup>,  Овчинникова А.И.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Низкая приверженность пациентов к немедикаментозным и медикаментозным рекомендациям является одной из серьезных проблем общественного здравоохранения и служит одной из основных причин снижения терапевтического эффекта у больных с фибрилляцией предсердий (ФП), что может приводить к развитию сердечно-сосудистых осложнений и увеличению затрат. Программы вторичной профилактики в рамках кардиореабилитации (КР) могут улучшить приверженность пациентов к проводимой терапии.

**ЦЕЛЬ.** Оценить приверженность к терапии при проведении методик вторичной профилактики с дистанционной поддержкой в рамках КР пациентов с пароксизмальной ФП после катетерной абляции (КА).

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Исследование с тремя параллельными группами с участием 135 пациентов в возрасте 35–79 лет (средний возраст  $57 \pm 9$  лет, 51,8 % мужчин), которых рандомизировали на 3 группы в соотношении 1:1:1. В 1-й и 2-й группах проведены методики вторичной профилактики, включающие однократное индивидуальное консультирование в отношении заболевания, приверженности к лечению и 3 месяца дистанционной поддержки (1-я группа — по телефону, 2-я группа — по электронной почте). В 3-й группе пациенты получали стандартные рекомендации. Приверженность к проводимой терапии определялась исходно и через 12 месяцев после КА с помощью шкалы комплаентности Мориски — Грин.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** В обеих группах вмешательства через 12 месяцев отмечено достоверное улучшение приверженности к проводимой медикаментозной терапии: доля приверженных пациентов оказалась выше, чем в контрольной группе ( $p = 0,006$  для 1-й и 2-й группы), а также выявлена тенденция к меньшей пропорции не приверженных лиц в обеих группах вмешательства.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Методики вторичной профилактики с дистанционной поддержкой в рамках КР обеспечивают улучшение приверженности к проводимой медикаментозной терапии.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** вторичная профилактика, кардиореабилитация, фибрилляция предсердий, приверженность к лечению, дистанционная поддержка, катетерная абляция.

**Для цитирования / For citation:** Бадтиева В.А., Погосова Н.В., Овчинникова А.И. Влияние методик вторичной профилактики на приверженность к лечению в рамках кардиореабилитации пациентов после катетерной абляции: проспективное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):120-128.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-120-128>. [Badtieva V.A., Pogosova N.V., Ovchinnikova A.I. The impact of secondary prevention methods on medication adherence in cardiac rehabilitation of patients after catheter ablation: a Prospective Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):120-128.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-120-128> (In Russ.)]

\***Для корреспонденции:** Овчинникова Анастасия Игоревна, E-mail: [mnpcsm-f1@zdrav.mos.ru](mailto:mnpcsm-f1@zdrav.mos.ru), [nastyathe1st@gmail.com](mailto:nastyathe1st@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1800-2368>

Статья получена: 20.03.2023

Поступила после рецензирования: 10.04.2023

Статья принята к печати: 28.04.2023

# The impact of secondary prevention methods on medication adherence in cardiac rehabilitation of patients after catheter ablation: a Prospective Study

 **Victoriya A. Badtieva**<sup>1</sup>,  **Nana V. Pogosova**<sup>2,3</sup>,  **Anastasiya I. Ovchinnikova**<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> *Moscow Scientific-Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia*

<sup>2</sup> *Federal State Budget Organization «National Medical Research Centre of Cardiology named after Academician E.I. Chazov» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia*

<sup>3</sup> *Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia*

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Medication non-adherence is one of the significant public health issue. Low adherence is one of the main reasons for the decrease therapeutic effect in patients with atrial fibrillation (AF), development of complications of AF, which leads to poor health outcomes and increased healthcare costs. Secondary prevention programs in cardiac rehabilitation may improve medication adherence in patients with AF.

**AIM.** To assess the impact of secondary prevention methods on medication adherence in patients after catheter ablation (CA) performed for paroxysmal AF.

**MATERIALS AND METHODS.** This is a prospective randomized controlled study with 3 parallel groups of patients with paroxysmal AF after CA (radiofrequency or cryoablation). Patients were randomized into 3 groups in 1:1:1 ratio. The 2 intervention groups received secondary prevention methods, including single-session in-person counseling and for 3 months of distant support (by phone in Group 1 or by e-mail in Group 2). Group 3 received usual care. Medication adherence was assessed using the 4-question scale Moriscos-Green. The medication adherence was evaluated at baseline and 12 months after CA.

**RESULTS AND DISCUSSION.** A total of 135 patients aged 35 to 79 years were enrolled (mean age  $57 \pm 9$  years, 51,8 % men). At 1 year of follow-up patients from intervention group experienced significant improvement of medication adherence ( $p = 0,006$  for Group 1 и 2) vs control.

**CONCLUSION.** Secondary prevention methods with remote support improve the medication adherence in AF pts after CA which may positively affect on their health.

**KEYWORDS:** secondary prevention, cardiac rehabilitation, atrial fibrillation, medication adherence, distant support, catheter ablation.

**For citation:** Badtieva V.A., Pogosova N.V., Ovchinnikova A.I. The impact of secondary prevention methods on medication adherence in cardiac rehabilitation of patients after catheter ablation: a Prospective Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2023; 22(2): 120-128. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-120-128> (In Russ.).

**\*For correspondence:** Anastasiya I. Ovchinnikova, E-mail: E-mail: [mnpcsm-f1@zdrav.mos.ru](mailto:mnpcsm-f1@zdrav.mos.ru), [nastyathe1st@gmail.com](mailto:nastyathe1st@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1800-2368>

**Received:** 20.03.2023

**Revised:** 10.04.2023

**Accepted:** 28.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время программы вторичной профилактики в рамках кардиологической реабилитации (КР) представляют собой комплекс мероприятий и включают не только физические тренировки, но и повышение информированности пациентов о своем заболевании, контроль всех имеющихся у пациентов факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) с достижением их целевых уровней, повышение приверженности пациентов к рекомендованному лечению с целью улучшения прогноза заболевания и качества их жизни [1]. На сегодняшний момент среди нарушений ритма сердца в повседневной клинической практике фибрилляция предсердий (ФП) встречается наиболее часто и является причиной каждого пятого мозгового инсульта, что существенно ухудшает прогноз заболевания [2–4]. В настоящее время достигнуты значительные успехи по профилактике и контролю ритма у больных с ФП, но, несмо-

тря на это, частота возникновения новых случаев ФП увеличивается, и отчасти одной из возможных причин может служить недостаточная приверженность пациентов к немедикаментозным и медикаментозным рекомендациям [5].

В последние десятилетия среди методов лечения ФП особая роль отводится интервенционным методам — радиочастотной абляции (РЧА) и криоабляции устьев легочных вен (КЛВ), которые обладают доказанной эффективностью при лечении данного нарушения ритма [6]. Однако на сегодняшний момент пациенты с ФП, даже перенесшие современные вмешательства, по контролю ритма имеют высокий риск развития мозговых инсультов, сердечной недостаточности и смерти, в том числе в связи с недостаточной приверженностью к лечению. Поэтому для пациентов с ФП ключевым моментом является участие в программах вторичной профилактики в рамках КР, которые направлены на повышение инфор-

мированности пациентов о своем заболевании, улучшение приверженности к рекомендованной фармакотерапии и психологическую помощь [7, 8]. По данным ряда исследований, доказана клиническая эффективность подобных программ [9, 10]. Однако нередко пациенты с ССЗ не принимают участия в программах вторичной профилактики в рамках КР ввиду различных причин, в связи с чем необходимы новые способы привлечения пациентов, и одним из возможных решений может стать использование современных подходов к коммуникации с пациентами, в том числе дистанционных. В ряде исследований показана эффективность такого подхода в отношении приверженности пациентов [11]. Тем не менее исследований с подобными программами у пациентов с ФП практически нет, в связи с чем целесообразно проведение подобных исследований именно в данной когорте пациентов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование представляет собой открытое проспективное рандомизированное контролируемое клиническое исследование с тремя параллельными группами. Было включено 135 пациентов в возрасте 35–79 лет с подтвержденным диагнозом пароксизмальной формы ФП, подвергнувшихся катетерной аблации в стационаре.

Критериями включения явились: возраст старше 18 лет; пароксизмальная форма ФП; проведение катетерной аблации в стационаре; умение пользоваться мобильным телефоном и/или электронной почтой; согласие на участие в исследовании.

Критериями исключения явились: острые коронарные синдромы или мозговой инсульт, перенесенные за предшествующие 6 месяцев; гемодинамически значимые клапанные пороки сердца; хроническая сердечная недостаточность III-IV функционального класса по классификации NYHA; выраженная легочная, почечная или печеночная недостаточность; онкологические заболевания; тяжелые психические заболевания, алкогольная, наркотическая и иные зависимости; неспособность заполнить опросники на русском языке.

После включения в исследование методом случайных чисел все пациенты были рандомизированы в соотношении 1:1:1 на 3 группы: 1-я группа ( $n = 45$ ), 2-я группа ( $n = 45$ ) и контрольная группа ( $n = 45$ ).

На каждого пациента после подписания согласия на участие в исследовании заполнялась индивидуальная регистрационная карта, в которой фиксировались социально-демографические, антропометрические и клинические характеристики, информация о факторах риска ССЗ, рекомендованной терапии и приверженность к ней, а также вносились данные о клинических исходах через 12 месяцев (рецидив ФП, госпитализации по кардиальным причинам, вызовы бригад скорой помощи, повторная КА).

В 1-й и 2-й группах были проведены методики вторичной профилактики 1 и 2, включавшие однократное индивидуальное консультирование и последующую 3-месячную дистанционную поддержку. Индивидуальное консультирование длилось 60–90 минут и проводилось в условиях стационара. Дистанционная поддержка в 1-й группе осуществлялась по телефону, во 2-й группе — по электронной почте 1 раз в 14 дней в течение 3 месяцев после включения

в исследование. Третья группа была контрольной и получала стандартные рекомендации врачей стационара. Длительность наблюдения составила 1 год, и за этот период во всех трех группах было проведено 2 контрольных визита (через 6 и 12 месяцев). Приверженность к рекомендованной медикаментозной терапии оценивалась исходно и через 12 месяцев с помощью шкалы комплаентности Мориски — Грин. Эта шкала состоит из 4 вопросов, на которые пациенты отвечают «да» (0 баллов) или «нет» (1 балл). Если пациенты набирают 4 балла, они считаются приверженными, 3 балла — менее приверженными и находятся в группе риска развития неприверженности, 2 или менее баллов — не приверженные.

Анализ данных в рамках данного исследования был проведен с помощью статистической программы SPSS 23.0 (SPSS Inc., США). Анализ вида распределения количественных признаков осуществлялся при помощи теста Колмогорова — Смирнова. В случае соответствия параметрическому виду распределения рассчитывали среднее значение ( $M$ ) и стандартное отклонение ( $SD$ ), отображая результаты в виде  $M \pm SD$ . Если же вид распределения признака не соответствовал параметрическому, вычисляли медиану ( $Me$ ) и интерквартильный размах (25-й и 75-й процентиль), представляя результаты в виде  $Me$  (25%; 75%). В некоторых случаях для удобной и полной визуализации всех моментов исследования представляли данные как среднее значение и медиану одновременно. Для проведения анализа результатов сравнения двух групп применяли методы, которые позволяют достоверно оценить как количественные, так и качественные признаки. К примеру, использовали критерий Манна — Уитни, который отражает расхождения между разными группами при сравнении количественных признаков, а также двусторонний точный тест Фишера или  $\chi^2$  Пирсона, который оценивал качественные признаки. Кроме того, для вычисления процента дельты применяли формулу:  $\Delta \% = (N1 - N0) / N0 \times 100 \%$ , где  $N0$  — это значение показателя на начальном этапе, а  $N1$  — значение показателя через определенный период времени. Статистически значимыми считали различия при двустороннем значении  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным табл. 1, пациенты всех трех групп были сопоставимы по большинству социально-демографических (за исключением образования) и клинических характеристик. Во всех группах было примерно одинаковое число лиц мужского и женского пола. Значительная доля пациентов продолжала трудовую деятельность (48,9% — в 1-й группе, 64,4% — во 2-й группе и 55,6% — в группе контроля). Подавляющее большинство участников состояло в официальном браке (в 1-й группе — 80%, во 2-й группе — 80% и 75,6% — в группе контроля). Более половины пациентов каждой группы имели АГ (в 1-й группе — 57,8%, во 2-й группе — 77,8%, в группе контроля — 66,7% соответственно), заметная часть имела в анамнезе ИБС (4,4% — в 1-й группе, 13,3% — во 2-й группе и 8,9% — в 3-й группе). Среди включенных пациентов преобладали пациенты с избыточной массой тела и ожирением. Практически у каждого десятого пациента был отмечен низкий уровень физической активности (13,3% — в 1-й группе,

**Таблица 1.** Социально-демографические и клинические характеристики участников исследования  
**Table 1.** Socio-demographic and clinical characteristics of participants

Показатели / Indicators	Группа 1 / Group 1	Группа 2 / Group 2	Группа 3 / Group 3	P <sub>1-3</sub>	P <sub>2-3</sub>	P <sub>1-2</sub>
Мужской пол / Male, n (%)	23 (51,1 %)	25 (55,6 %)	22 (48,9 %)	0,833	0,527	0,673
Возраст, годы / Age, years, (M ± SD)	57,0 ± 7,5	57,8 ± 9,7	57,0 ± 10,3	0,750	0,750	0,550
Семейное положение / Family status, n (%): Официальный брак / Official marriage	36 (80 %)	36 (80 %)	34 (75,6 %)	0,172	0,157	0,306
Образование / Education, n (%): Высшее / Higher education	39 (86,7 %)	33 (73,3 %)	26 (57,8 %)	0,002	0,120	0,253
Трудовой статус / Employment status, n (%): Различные формы занятости / Various forms of employment	22 (48,9 %)	29 (64,4 %)	25 (55,6 %)	0,155	0,229	0,179
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup> / Body mass index, kg/m <sup>2</sup> , (M ± SD)	29,9 ± 4,9	29,5 ± 3,6	29,9 ± 4,2	0,878	0,695	0,781
Масса тела / Body mass, n (%): Нормальная / Normal	9 (20 %)	4 (8,9 %)	4 (8,9 %)	0,134	1,0	0,134
Избыточная / Overweight	11 (24,4 %)	20 (44,4 %)	18 (40 %)	0,114	0,670	0,146
Ожирение / Obesity	25 (55,6 %)	21 (46,7 %)	23 (51,1 %)	0,673	0,673	0,399
Низкий уровень физической активности / Low level of physical activity, n (%)	6 (13,3 %)	5 (11,1 %)	4 (8,9 %)	0,902	0,684	0,748
Тяжесть симптомов ФП по модифицированной шкале EHRA, классы / The severity of AF symptoms according to the modified EHRA scale, classes, n (%):						
1	0	0	0	0,296	0,077	0,745
2	7 (15,6 %)	6 (13,3 %)	4 (8,9 %)			
3	35 (77,8 %)	38 (84,4 %)	34 (75,6 %)			
4	3 (6,7 %)	1 (2,2 %)	7 (15,6 %)			
Частота симптомов / Frequency of symptoms, n (%): Сердцебиение / Heartbeat	45 (100 %)	44 (97,8 %)	45 (100 %)	—	1,0	0,315
Одышка / Dyspnea	23 (51,1 %)	22 (48,9 %)	25 (55,6 %)	0,673	0,527	0,656
Слабость / Weakness	35 (77,8 %)	27 (60 %)	25 (55,6 %)	0,025	0,670	0,833
Риск инсульта по шкале CHA <sub>2</sub> DS <sub>2</sub> -VASc, балл / Stroke risk according to the CHA2DS2-VASc scale, score M ± SD Me (25 %; 75 %)	1,56 ± 1,22 2 (0; 2,5)	1,78 ± 1,15 2 (1; 3)	1,69 ± 1,20 2 (1; 2)	0,682	0,586	0,369
Риск кровотечения по шкале HAS-BLED, балл / Risk of bleeding according to the HAS-BLED scale, score M ± SD Me (25 %; 75 %)	0,44 ± 0,59 0 (0; 1)	0,44 ± 0,76 0 (0; 1)	0,56 ± 0,89 0 (0; 1)	0,978	0,604	0,579
Хроническая сердечная недостаточность / Chronic heart failure, n (%)	16 (35,6 %)	26 (57,8 %)	20 (44,4 %)	0,389	0,206	0,057
Функциональный класс ХСН (NYHA) / Functional class of chronic heart failure (NYHA), n/N (%):				0,655	0,507	1,0
I	8/16 (50 %)	13/26(50 %)	10/20 (50 %)			
II	8/16 (50 %)	13/26(50 %)	10/20 (50 %)			

Показатели / Indicators	Группа 1 / Group 1	Группа 2 / Group 2	Группа 3 / Group 3	P <sub>1-3</sub>	P <sub>2-3</sub>	P <sub>1-2</sub>
<b>Артериальная гипертензия / Arterial hypertension, n (%)</b>	26 (57,8 %)	35 (77,8 %)	30 (66,7 %)	0,384	0,239	0,074
<b>Ишемическая болезнь сердца / Artery coronary disease, n(%)</b>	2 (4,4 %)	6 (13,3 %)	4 (8,9 %)	0,677	0,502	0,138
<b>Статус курения / Smoking status, n (%): Продолжают курить / Keep smoking</b>	2 (4,4 %)	3 (6,7 %)	4 (8,9 %)	0,646	0,314	0,496
<b>Статус употребления алкоголя / Drinking status, n (%): Употребляют время от времени / Use from time to time Употребляют регулярно / Consumed regularly</b>	17 (37,8 %) 2 (4,4 %)	19 (42,2 %) 0	19 (42,2 %) 1 (2,2 %)	0,223	0,568	0,345
<b>Лекарственные препараты / Medications, n (%): Варфарин / Warfarin Прямые пероральные антикоагулянты / Direct oral anticoagulants Антиаритмические средства / Antiarrhythmic drugs Ингибиторы АПФ / ACE inhibitors / ATII receptor blockers Бета-адреноблокаторы / Beta blockers Статины / Statins</b>	10 (22,2 %) 32 (71,1 %) 20 (44,4 %) 19 (42,2 %) 23 (51,1 %) 18 (40 %)	9 (20 %) 32 (71,1 %) 23 (51,1 %) 26 (57,8 %) 28 (62,2 %) 17 (37,8 %)	10 (22,2 %) 34 (75,6 %) 34 (75,6 %) 25 (55,6 %) 18 (40 %) 12 (26,7 %)	1,0 0,634 0,003 0,206 0,290 0,180	0,796 0,634 0,016 0,832 0,035 0,259	0,796 1,0 0,527 0,140 0,288 0,829

11,1 % — во 2-й группе, и 8,9 % — в 3-й группе). Доля курящих была невелика, однако в каждой из групп вмешательства употребляли алкоголь (время от времени и регулярно) 42,2 % пациентов, в группе контроля — 44,4 %. Более половины (57 %) всех пациентов принимали антиаритмические препараты, 94 % — находились на антикоагулянтной терапии (варфарин и НОАК), 51,9 % пациентов принимали иАПФ/БРА, 51,1 % — бета-блокаторы. Большинство участников принадлежало к третьему классу по модифицированной шкале EHRA. По шкале CHA2DS2-VASc 50 % пациентов имели высокий риск инсульта. Основными симптомами были сердцебиение (99,3 %), слабость (64,4 %) и одышка (51,9 %).

Исходно пациенты всех трех групп не отличались по уровню приверженности к терапии (табл. 2). Установлено, что лишь каждый третий пациент (34,1 %) оказался приверженным к рекомендованной терапии, недостаточная приверженность была отмечена у 24,4 % пациентов, а 41,5 % оказались не приверженными к медикаментозной терапии.

Через 12 месяцев наблюдения в обеих группах проведения методик вторичной профилактики с дистанционной поддержкой доля приверженных пациентов оказалась выше ( $p = 0,006$  для 1-й и 2-й группы), чем в контрольной группе, а также выявлена тенденция к меньшей пропорции не приверженных лиц в обеих группах вмешательств достоверно реже забывали принимать

препараты ( $p < 0,001$  для 1-й и 2-й группы), по сравнению с контрольной группой (табл. 3).

Таким образом, по данным годичного наблюдения пациентов с ФП после КА в группах проведения методик вторичной профилактики с дистанционной поддержкой в рамках КР, отмечено улучшение приверженности к рекомендованному лечению. Полученные нами данные в отношении приверженности к лечению у пациентов с ФП согласуются с результатами ряда исследований. Известно, что пациенты с ФП имеют низкую приверженность к медикаментозной терапии, в том числе к приему антикоагулянтов и сопутствующих лекарственных препаратов, которая составляет менее 50 % [12, 13]. По данным исследования, проведенного Pacleb et al., 41 % пациентов с ФП оказались не приверженными к медикаментозной терапии [14]. Кроме того, более 65 % пациентов с ФП не осознают серьезности своего заболевания, вследствие чего могут быть менее привержены к лечению по сравнению с популяцией пациентов с ССЗ в целом [15]. В свою очередь низкая приверженность к лечению у пациентов с ФП связана с повышенным риском ССО, а именно: мозгового инсульта, сердечной недостаточности и смерти. Кроме того, низкая медицинская грамотность, когнитивные нарушения могут привести к недооценке рисков для здоровья — а это значит, что пациенты не понимают важности и необходимости приема рекомендованных лекарственных препаратов [16], в связи с чем необходимо привлекать пациентов

**Таблица 2.** Исходная оценка приверженности к лечению у пациентов трех групп  
**Table 2.** Initial assessment of medical adherence in patients of three groups

Показатель / Indicator, n (%)	Группа 1 / Group 1	Группа 2 / Group 2	Группа 3 / Group 3	P <sub>1-3</sub>	P <sub>2-3</sub>	P <sub>1-2</sub>
Вы когда-нибудь забывали принимать препараты? / Have you ever forgotten take drugs? Да / Yes	27 (60 %)	29 (64,4 %)	31 (68,9 %)	0,456	0,655	0,511
Не относитесь ли вы иногда невнимательно к часам приема ЛС? / Don't you treat sometimes inattention to the hours of taking drugs? Да / Yes	16 (35,6 %)	19 (42,2 %)	18 (40 %)	0,664	0,830	0,517
Не пропускаете ли вы прием препаратов, если чувствуете себя хорошо? / Are you missing an appointment medicines if you feel well? Да / Yes	8 (17,8 %)	7 (15,5 %)	10 (22,2 %)	0,598	0,492	0,144
Если вы чувствуете себя плохо после приема ЛС, не пропускаете ли вы следующий прием? / If you feel bad after taking drugs, do you miss next take? Да / Yes	8 (17,8 %)	4 (8,9 %)	8 (17,8 %)	1,0	0,215	0,215
<b>Степень приверженности / The degree of medication adherence:</b>						
Приверженные / Adherence	16 (35,6 %)	13 (28,9 %)	12 (26,7 %)	0,189	0,814	0,092
Недостаточно приверженные / Partial adherence	13 (28,9 %)	14 (31,1 %)	11 (24,4 %)	0,438	0,480	0,141
Не приверженные / Non-adherence	16 (35,6 %)	18 (40 %)	22 (48,9 %)	0,200	0,396	0,664

**Таблица 3.** Динамика приверженности к лечению у пациентов трех групп через 12 месяцев  
**Table 3.** Dynamics of medical adherence in patients of three groups after 12 months

Показатель / Indicator	Группа 1 / Group 1	Группа 2 / Group 2	Группа 3 / Group 3	P <sub>1-3</sub>	P <sub>2-3</sub>	P <sub>1-2</sub>
Вы когда-нибудь забывали принимать препараты? / Have you ever forgotten take drugs? Да / Yes	12 (26,7 %)	11 (24,4 %)	31 (68,9 %)	< 0,001	< 0,001	0,809
Не относитесь ли вы иногда невнимательно к часам приема ЛС? / Don't you treat sometimes inattention to the hours of taking drugs? Да / Yes	10 (22,2 %)	11 (24,4 %)	13 (28,9 %)	0,468	0,634	0,803
Не пропускаете ли вы прием препаратов, если чувствуете себя хорошо? / Are you missing an appointment? medicines if you feel well? Да / Yes	9 (20 %)	4 (8,9 %)	5 (11,1 %)	0,245	1,0	0,134

Показатель / Indicator	Группа 1 / Group 1	Группа 2 / Group 2	Группа 3 / Group 3	P <sub>1-3</sub>	P <sub>2-3</sub>	P <sub>1-2</sub>
<b>Если вы чувствуете себя плохо после приема ЛС, не пропускаете ли вы следующий прием? / If you feel bad after taking drugs, do you miss next take?</b>						
<b>Да / Yes</b>	12 (26,7 %)	2 (4,4 %)	4 (8,9 %)	0,027	0,677	0,004
<b>Степень приверженности / The degree of medication adherence:</b>						
<b>Приверженные / Adherence</b>	27 (60 %)	27 (60 %)	14 (31,1 %)	0,006	0,006	1,0
<b>Недостаточно приверженные / Partial adherence</b>	9 (20 %)	8 (20 %)	15 (33,3 %)	0,153	0,153	0,867
<b>Не приверженные / Non-adherence</b>	9 (20 %)	10 (20 %)	16 (35,6 %)	0,099	0,099	0,983

к участию в программах вторичной профилактики, проводимых в рамках КР, с целью их обучения, повышения информированности о своем заболевании и важности приема рекомендованной терапии. По данным ряда исследований, была продемонстрирована убедительная эффективность программ вторичной профилактики в рамках КР на приверженность к лечению, однако это в основном касалось популяции пациентов с ИБС [17, 18]. Так, в исследовании Thomson et al. с участием 40 пациентов с ИБС было показано, что разъяснения со стороны медицинского персонала касательно пользы проводимой КР привели к улучшению приверженности на 60 % через 6 месяцев, а высокая исходная приверженность к медикаментозному лечению до проведения КР увеличивает шансы оставаться таковой в течение 6 месяцев в 13,5 раза [17]. Еще в одном исследовании Но et al. показали улучшение приверженности к приему лекарственных препаратов у пациентов с ИБС в группе проведения комплексных кардиореабилитационных мероприятий (обучение, голосовые сообщения, консультация фармаколога), по сравнению с контрольной группой (89,3 % против 73,9 %; p = 0,003) [18]. Получен-

ные нами данные также подтверждают эффективность программ вторичной профилактики в рамках КР в отношении приверженности к лечению именно в когорте пациентов с ФП, что имеет большое значение для улучшения прогноза заболевания и снижения риска ССО у данной категории пациентов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в рамках данного исследования за период годичного наблюдения при проведении методик вторичной профилактики с дистанционной поддержкой в рамках кардиореабилитации пациентов с пароксизмальной формой ФП, перенесших катетерную абляцию, продемонстрировано достоверное повышение приверженности к рекомендованному лечению. Полученная нами информация может помочь оптимизировать подходы к ведению пациентов с ФП, перенесших интервенционное лечение, и в последующем, в условиях повседневной клинической практики, выявить новые пути, направленные на улучшение контроля заболевания и снижение риска развития сердечно-сосудистых осложнений именно у данной когорты пациентов.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Бадтиева Виктория Асланбекована**, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующая филиалом № 1 (Клиника спортивной медицины), заведующая научным отделом спортивной медицины и клинической фармакологии, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ».

E-mail: maratik2@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4291-679X>

**Погосова Нана Вачиковна**, доктор медицинских наук, профессор, заместитель генерального директора по научно-аналитической работе и профилактической кардиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; профессор кафедры доказательной медицины медицинского факультета, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы».

E-mail: nanapogosova@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4165-804X>

**Овчинникова Анастасия Игоревна**, соискатель, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ».

E-mail: mnpcsm-f1@zdrav.mos.ru, nastyathe1st@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1800-2368>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Бадтиева В.А. — обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; Погосова Н.В. — обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; Овчинникова А.И. — отбор и обследование пациентов, обработка данных, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи.

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соот-

ветствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы» (протокол № 10, 10.12.2020).

#### ADDITIONAL INFORMATION

**Viktoriya A. Badiyeva**, Corresponding Member of the RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, Head of the Department of Sports Medicine and Clinical Pharmacology.

E-mail: maratik2@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4291-679X>

**Nana V. Pogosova**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy General Director for Scientific and Analytical Work and Preventive Cardiology Federal State Budget Organization “National Medical Research Centre of Cardiology named after Academician E.I. Chazov” of the Ministry of Health of the Russian Federation; professor, Head of Department of Evidence-Based Medicine, Peoples’ Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba.

E-mail: nanapogosova@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4165-804X>

**Anastasiya I. Ovchinnikova**, Applicant at Moscow Scientific-Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine

E-mail: mnpcsm-f1@zdrav.mos.ru, nastyathe1st@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1800-2368>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: V.A. Badiyeva — review of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript; N.V. Pogosova — review of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript; A.I. Ovchinnikova — development of study design, selection and examination of patients, processing, analysis and interpretation of data, statistical data processing, review of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript.

**Funding.** This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Ethics Approval.** The authors state that all the procedures used in this paper comply with the ethical standards of the institutions that carried out the study and comply with the Helsinki Declaration as revised in 2013. The study was approved by the Local Ethics Committee of Moscow Scientific-Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Russian Federation (Protocol No. 10, 10.12.2020).

#### Список литературы / References

- Бойцов С.А., Погосова Н.В., Аншелес А.А., Бадтиева В.А., Балахонова Т.В., Барбараш О.Л., Васюк Ю.А., Гамбарян М.Г., Гендлин Г.Е., Голицын С.П., Драпкина О.М., Дроздова Л.Ю., Ежов М.В., Ершова А.И., Жиров И.В., Карпов Ю.А., Кобалава Ж.Д., Концевая А.В., Литвин А.Ю., Лукьянов М.М., Марцевич С.Ю., Мацкеплишвили С.Т., Метельская В.А., Мешков А.Н., Мишина И.Е., Панченко Е.П., Попова А.Б., Сергиенко И.В., Смирнова М.Д., Смирнова М.И., Соколова О.Ю., Стародубова А.В., Сухарева О.Ю., Терновой С.К., Ткачева О.Н., Шальнова С.А., Шестакова М.В. Кардиоваскулярная профилактика 2022. Российские национальные рекомендации. Российский кардиологический журнал. 2023; 28(5): 5452. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5452> [Boyctsov S.A., Pogosova N.V., Ansheles A.A., Badiyeva V.A., Balakhonova T.V., Barbarash O.L., Vasyuk Yu.A., Gambaryan N.G., Gendlin G.E., Golitsyn S.P., Drapkina O.M., Drozdova L.Yu., Yezhov M.V., Ershova A.I., Zhiron I.V., Karpov Yu.A., Kobalava Z.D., Kontsevaya A.V., Litvin A.Yu., Lukyanov M.M., Martsevich S.Yu., Matskeplishvili S.T., Metelskaya V.A., Meshkov A.N., Mishina I.E., Panchenko E.P., Popova A.B., Sergienko I.V., Smirnova M.D., Smirnova M.I., Sokolova O.Yu., Starodubova A.V., Sukhareva O.Yu., Ternovoy S.K., Tkacheva O.N., Shalnova S.A., Shestakova M.V. Cardiovascular prevention 2022. Russian national guidelines. *Russian Journal of Cardiology*. 2023; 28(5): 5452. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5452> (In Russ.).]
- Беленков Ю.Н. Кардиология. Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2010: 629 с. [Belenkov Yu.N. Kardiologiya. Natsional'noe rukovodstvo. Moscow. GEOTAR-Media. 2010: 629 p. (In Russ.).]
- Ferrari R., Bertini M., Blomstrom-Lundqvist C. et al. An update on atrial fibrillation in 2014: From pathophysiology to treatment. *International Journal of Cardiology*. 2016; (203): 22–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.10.089>.
- Friberg L., Rosenqvist M., Lindgren A. et al. High prevalence of atrial fibrillation among patients with ischemic stroke. *Stroke*. 2014; 45(9): 2599–605. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.006070>.
- Lau D.H., Nattel S., Kalman J.M. et al. Modifiable Risk Factors and Atrial Fibrillation. *Circulation*. 2017; 136(6): 583–596. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023163>.
- Rottner L., Bellmann B., Lin T. et al. Catheter Ablation of Atrial Fibrillation: State of the Art and Future Perspectives. *Cardiology and Therapy*. 2020; 9(1): 45–58. <https://doi.org/10.1007/s40119-019-00158-2>.
- Keteyian S.J., Ehrman J.K., Fuller B. et al. Exercise Testing and Exercise Rehabilitation for Patients with Atrial Fibrillation. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2019; 39(2): 65–72. <https://doi.org/10.1097/HCR.0000000000000423>.
- Younis A., Shaviv E., Nof E. et al. The role and outcome of cardiac rehabilitation program in patients with atrial fibrillation. *Clinical Cardiology*. 2018; 41(9): 1170–1176. <https://doi.org/10.1002/clc.23001>.
- Lin J.S., O'Connor E.A., Evans C.V. et al. Behavioral Counseling to Promote a Healthy Lifestyle for Cardiovascular Disease Prevention in Persons with Cardiovascular Risk Factors: An Updated Systematic Evidence Review for the U.S. Preventive Services Task Force [Internet]. Rockville (MD). Agency for Healthcare Research and Quality (US). 2014.
- Umpierre D., Ribeiro P.A., Kramer C.K. et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2011; 305(17): 1790–9. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.576>.
- Varnfield M., Karunanithi M., Lee C.K. et al. Smartphone-based home care model improved use of cardiac rehabilitation in postmyocardial infarction patients: results from a randomised controlled trial. *Heart*. 2014; 100(22): 1770–9. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2014-305783>.

12. Crowley M.J., Zullig L.L., Shah B.R., et al. Medication non-adherence after myocardial infarction: an exploration of modifying factors. *Journal of General Internal Medicine*. 2015; 30(1): 83–90. <https://doi.org/10.1007/s11606-014-3072-x>.
13. Stephenson J.J., Shinde M.U., Kwong W.J. et al. Comparison of claims vs patient-reported adherence measures and associated outcomes among patients with nonvalvular atrial fibrillation using oral anticoagulant therapy. *Patient Preference and Adherence*. 2018; (12): 105–117. <https://doi.org/10.2147/PPA.S148697>.
14. Pacleb A., Lowres N., Randall S. et al. Adherence to Cardiac Medications in Patients with Atrial Fibrillation: A Pilot Study. *Heart, Lung and Circulation*. 2020; 29(7): e131-e139. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.11.012>.
15. January C.T., Wann L.S., Calkins H, et al. 2019 AHA/ACC/HRS Focused Update of the 2014 AHA/ACC/HRS Guideline for the Management of Patients with Atrial Fibrillation: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society in Collaboration with the Society of Thoracic Surgeons. *Circulation*. 2019; 140(2): e125-e151. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000665>.
16. Aliot E., Breithardt G., Brugada J. et al. An international survey of physician and patient understanding, perception, and attitudes to atrial fibrillation and its contribution to cardiovascular disease morbidity and mortality. *EP Europace*. 2010; 12(5): 626–633. <https://doi.org/10.1093/europace/euq109>.
17. Thomson P., Rushworth G.F., Andreis F. et al. Longitudinal study of the relationship between patients' medication adherence and quality of life outcomes and illness perceptions and beliefs about cardiac rehabilitation. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2020; 20(1): 71 p. <https://doi.org/10.1186/s12872-020-01378-4>.
18. Ho P.M., Lambert-Kerzner A., Carey E.P. et al. Multifaceted intervention to improve medication adherence and secondary prevention measures after acute coronary syndrome hospital discharge: a randomized clinical trial. *JAMA Internal Medicine*. 2014; 174(2): 186–193. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.12944>.



## Эффективность программы тренировок мышц тазового дна с БОС-терапией в сравнении с традиционными методиками медицинской реабилитации у пациенток с хроническим эндометритом в сочетании с несостоятельностью мышц тазового дна: проспективное рандомизированное исследование

 Котенко Н.В.\*,  Борисевич О.О.,  Романова Н.А.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Воспалительные заболевания органов малого таза являются одной из основных причин снижения репродуктивного потенциала женщин. В связи с этим разрабатываются современные технологии, в том числе немедикаментозные методы коррекции функциональных нарушений, связанных с воспалительным процессом. Создание персонализированных программ на основе применения природных и преформированных физических факторов у пациенток с отягощенным акушерским и гинекологическим анамнезом по-прежнему остается актуальной задачей.

**ЦЕЛЬ.** Оценить клиническую эффективность применения тренировок мышц тазового дна в составе комплексной методики лечения пациенток с хроническим эндометритом, сочетанным с несостоятельностью мышц тазового дна.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В рандомизированное исследование были включены 55 пациенток с хроническим эндометритом в сочетании с несостоятельностью мышц тазового дна: 28 женщин основной группы получили комплекс из процедур амплипульстерапии (10 процедур), хлоридных натриевых ванн (8 процедур) и тренировок мышц тазового дна с использованием метода биологической обратной связи (10 сеансов); у 27 пациенток группы сравнения применялось восстановительное лечение, включающее только амплипульстерапию и хлоридные натриевые ванны.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** В обеих группах после лечения наблюдалось достоверно значимое увеличение индекса артериальной перфузии матки ( $p < 0,01$ ), а также существенное улучшение структуры и увеличение толщины эндометрия, по данным трансвагинального ультразвукового исследования ( $p < 0,001$ ), улучшение показателей ситуативной тревожности по шкале Спилбергера — Ханина ( $p < 0,001$ ). Кроме того, у пациенток основной группы наблюдалось восстановление нормальных анатомических взаимоотношений мышц тазового дна, по данным ультразвукового исследования тазового дна транслабиальным доступом ( $p < 0,05$ ).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Принимая во внимание высокую эффективность краткосрочной программы лечения у пациенток основной группы, применение тренировок мышц тазового дна в составе комплексного восстановительного лечения рекомендуется при хроническом эндометрите в сочетании с пролапсом гениталий I–II степени.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** воспалительные заболевания органов малого таза, хронический эндометрит, пролапс гениталий.

**Для цитирования / For citation:** Котенко Н.В., Борисевич О.О., Романова Н.А. Эффективность программы тренировок мышц тазового дна с БОС-терапией в сравнении с традиционными методиками медицинской реабилитации у пациенток с хроническим эндометритом в сочетании с несостоятельностью мышц тазового дна: проспективное рандомизированное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):129-135.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-129-135>. [Kotenko N.V., Borisevich O.O., Romanova N.A. Biofeedback Therapy Pelvic Floor Muscle Training Program Efficacy vs. Traditional Methods of Medical Rehabilitation in Patients with Chronic Endometritis Associated with Pelvic Floor Muscle Failure: a Prospective Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 129-135. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-129-135> (In Russ.).

\***Для корреспонденции:** Котенко Наталья Владимировна, E-mail: [kotenkonv@nmicrk.ru](mailto:kotenkonv@nmicrk.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6501-791X>

Статья получена: 27.02.2023

Поступила после рецензирования: 20.03.2023

Статья принята к печати: 19.04.2023

# Biofeedback Therapy Pelvic Floor Muscle Training Program Efficacy vs. Traditional Methods of Medical Rehabilitation in Patients with Chronic Endometritis Associated with Pelvic Floor Muscle Failure: a Prospective Randomized Study

 Natalya V. Kotenko\*,  Olga O. Borisevich,  Natalya A. Romanova

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Inflammatory diseases of the pelvic organs are one of the main reasons for the decline in the reproductive potential of women. In this regard, modern technologies are being developed, including non-drug methods for correcting functional disorders associated with the inflammatory process. The creation of personalized programs based on the use of natural and preformed physical factors in patients with a burdened obstetric and gynecological history is still an urgent task.

**AIM.** To evaluate the clinical effectiveness of the use of pelvic floor muscle training as part of a complex method for the treatment of patients with chronic endometritis, combined with pelvic floor muscle failure.

**MATERIALS AND METHODS.** The randomized study included 55 patients with chronic endometritis associated with pelvic floor muscle failure. 28 women of the main group received a complex of amplipulse therapy procedures (10 procedures), sodium chloride baths (8 procedures) and pelvic floor muscle training using the biofeedback method (10 sessions). In 27 patients of the comparison group, restorative treatment was used, including only amplipulse therapy and sodium chloride baths.

**RESULTS AND DISCUSSION.** In both groups, after treatment, there was a significantly significant increase in the uterine arterial perfusion index ( $p < 0.01$ ), as well as a significant improvement in the structure and thickness of the endometrium according to transvaginal ultrasound ( $p < 0.001$ ), an improvement in situational anxiety according to the Spielberger-Khanin scale ( $p < 0.001$ ). In addition, in patients of the main group, restoration of normal anatomical relationships of the pelvic floor muscles was observed according to translabial ultrasound of the pelvic floor ( $p < 0.05$ ).

**CONCLUSION.** Taking into account the high efficiency of the short-term treatment program in patients of the main group, the use of pelvic floor muscle training as part of a complex rehabilitation treatment is recommended for chronic endometritis in combination with grade I-II genital prolapse.

**KEYWORDS:** pelvic inflammatory disease, chronic endometritis, genital prolapse.

**For citation:** Kotenko N.V., Borisevich O.O., Romanova N.A. Biofeedback Therapy Pelvic Floor Muscle Training Program Efficacy vs. Traditional Methods of Medical Rehabilitation in Patients with Chronic Endometritis Associated with Pelvic Floor Muscle Failure: a Prospective Randomized Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2023; 22(2):129-135.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-129-135> (In Russ.).

\***For correspondence:** Natalya V. Kotenko. E-mail: [kotenkonnv@nmicrk.ru](mailto:kotenkonnv@nmicrk.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6501-791X>

**Received:** 27.02.2023

**Revised:** 20.03.2023

**Accepted:** 19.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

По данным различных авторов, воспалительные заболевания органов малого таза выявляются у 70 % гинекологических пациенток [1–3]. Зарубежные источники сообщают, что распространенность хронического эндометрита составляет до 56,8 % у женщин с бесплодием, до 67,5 % — при повторной имплантационной неудаче и до 67,6 % — у пациенток с привычным выкидышем [4, 5].

Вопросы о точной этиологии хронического воспаления в матке до настоящего времени остаются нерешенными, диагностика заболевания основывается на выявлении неспецифических маркеров воспаления, результаты бактериологического исследования не всегда выдают возбудителя процесса. На сегодняшний день также не существует общепринятых оптимальных методов лечения хронического эндометрита. Возникает вопрос

о целесообразности превентивного назначения антибактериальной и противовирусной терапии без подтверждения участия в воспалительном процессе инфекционного агента, так как с учетом факта развития хронического эндометрита на фоне иммунопатогенетических механизмов нецелесообразно рутинное применение лекарственного лечения. Немедикаментозные методы коррекции структурно-функционального состояния эндометрия остаются наиболее предпочтительным вариантом лечения, особенно в программах прегравидарной подготовки пациенток с отягощенным гинекологическим анамнезом.

Одним из факторов, запускающих процесс хронического воспаления внутренней выстилки матки, является нарушение взаимоотношений микробиоты генитального тракта. Некоторые научные источники утверждают, что существует связь между анатомическими нарушениями

строения мускулатуры тазового дна и ухудшением состояния микрофлоры влагалища [6, 7]. В связи с этим, наряду с поиском методов терапии иммунопатогенетических проявлений, целесообразно изучение новых подходов по коррекции слабости интимных мышц.

На основе явления формирования организмом сознательного циклического сокращения определенных мышечных групп тазового дна, при повторении которого непродолжительное время пациентка может сделать его рефлекторным, разработаны программы медицинской реабилитации женщин с пролапсом гениталий. В практике врача-гинеколога активное использование данного эффекта у пациентов с несостоятельностью мышц тазового дна возможно благодаря созданию аппаратно-программных комплексов для реабилитации нервно-мышечного аппарата тазового дна с применением эффектов биологической обратной связи [8–10].

## ЦЕЛЬ

Изучить клиническую эффективность применения тренировок мышц тазового дна в составе комплексной методики лечения у пациенток с хроническим эндометритом, сочетанным с несостоятельностью мышц тазового дна.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пациенты, являющиеся потенциальными участниками научного исследования, ознакомились с информацией о характере клинических испытаний, методах лечения, а также о возможных побочных явлениях, связанных с проведением процедур, содержащейся в информационном листке пациента. Все пациентки, включенные в испытание, подписывали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

В рамках выполнения тематических исследований из 66 женщин, обследованных амбулаторно и имеющих диагноз хронический эндометрит (МКБ N71.1) в сочетании с диагнозом пролапса гениталий I–II степени (МКБ N81.1, N81.2, N81.6, N81.8), находящихся в возрастном интервале от 25 до 44 лет, были включены в клиническое исследование 55 пациенток; исключено из исследования 11 человек как соответствовавших критериям невключения.

Критерии включения пациенток в исследование: женщины с хроническим эндометритом в сочетании с несостоятельностью мышц тазового дна в возрасте от 28 до 44 лет.

Критерии невключения пациенток в исследование: анатомические особенности, затрудняющие введение интравагинального датчика; преждевременная менопауза, ятрогенная менопауза, синдром раннего истощения яичников; ранний период после оперативного вмешательства на слизистой оболочке матки; инфекционные заболевания в остром периоде; злокачественные новообразования любой локализации; новообразования яичников (за исключением фолликулярных кист и кист желтого тела до 3 см); миома матки с подслизистой локализацией, миома матки иной локализации размером свыше 6 недель беременности, симптоматическая миома матки; патология эндометрия; неverified патология молочных желез; миопатия; психические расстройства в стадии обострения; беременность и лактация.

Критерии исключения пациенток из исследования: решение пациентки выйти из исследования; отсутствие возможности проведения диагностических и лечебных процедур; нарушение протокола программы наблюдения и реабилитации.

На базе ЛРКЦ «Юдино» — филиала ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России проведено проспективное сравнительное рандомизированное исследование. Рандомизация проводилась путем созданной последовательности распределения с использованием генератора случайных чисел. В итоге первичного анкетирования, сбора жалоб и анамнеза, а также гинекологического осмотра соответственно критериям включения/невключения были включены в исследование 55 пациенток.

Исходя из разработанных программ комплексного лечения методом простой рандомизации были сформированы две группы исследования, различающиеся по факторам лечебного воздействия.

Группа 1 — основная (n = 28 чел.) — получила комплекс из процедур амплипульстерапии (10 процедур), хлоридных натриевых ванн (8 процедур) и тренировок мышц тазового дна под контролем биологической обратной связи (БОС-терапия) (10 сеансов). Пациентки 2-й группы — сравнения (n = 27 чел.) — получили восстановительное лечение, включающее только амплипульс-терапию и хлоридные натриевые ванны.

Для тренировок мышц тазового дна применялся аппаратно-программный комплекс «Уропроктокор», НПЦ «Ин Витро», Россия, с использованием влагалищного датчика для регистрации электромиографических сигналов. Методика для коррекции дисфункции мышц тазового дна направлена на восстановление их сократительной способности. При выполнении тренировки контролируемая группа мышц нижней трети влагалища сокращается в ответ на волевое усилие под визуальным контролем эффективности работы различных групп мышц тазового дна, имеющих различные электромиографические сигналы.

В положении полулежания на кушетке с приподнятым головным концом на 45° пациентка вводит во влагалище предварительно обработанный антисептиком индивидуальный датчик для регистрации электромиографических сигналов мышц. При работе используется два режима: статическое напряжение и динамическая тренировка. При работе в режиме статического напряжения пациентка, втягивая мышцы тазового дна, удерживает сигнал на экране выше порогового значения в течение 10–20 мин, с дифференциацией сигналов за счет управления различными группами мышц. В режиме динамической тренировки за счет втяжения пациенткой мышц происходит удержание сигнала выше порогового значения в течение 7 сек, чередующееся с отдыхом в течение 7 сек. Динамическая тренировка состоит из 5 повторений с отдыхом между подходами в 10 сек, общим количеством 10 подходов; тренировка в режиме статического напряжения продолжается от 10 до 20 минут. Врач задает на приборе временной режим работы и демонстрирует пациентке результаты мышечной деятельности в виде графиков на мониторе аппаратно-программного комплекса. Общая продолжительность тренировки мышц тазового дна составляет 40–50 минут. Курс воздействия состоял из 10 процедур, проводимых ежедневно.

Во время тренировки с использованием биологической обратной связи пациентка может наблюдать за работой собственных мышц и управлять их сокращением, произвольно регулируя мышечный тонус. Этот тип обратной связи развивает сознательный контроль над функциями мышц.

Амплипульстерапия проводилась на аппарате Intellect Advanced Combo, Chattanooga, США, по брюшно-крестцовой методике (несущая частота 5000 Гц, режим ритмически меняющихся частот в диапазоне от 1 до 250 Гц), длительность процедуры составляет от 10 до 15 минут. Курс воздействия состоял из 10 процедур, проводимых ежедневно.

Для бальнеотерапии использовались рапные ванны с концентрацией хлоридного натриевого раствора 30 г/л. Общая продолжительность процедуры составляет 15 минут. Температура ванн — индифферентная. По окончании процедуры пациенткам рекомендовали, не вытираясь, завернуться в махровое полотенце, укутаться в одеяло и лечь в постель на 1 час. Курс воздействия состоял из 8 процедур, проводимых ежедневно.

Степень пролапса гениталий у пациенток была оценена при гинекологическом осмотре с использованием системы количественного метода выраженности опущения органов малого таза (POP-Q) с измерением стандартных точек.

Эхография органов малого таза и тазового дна трансвагинальным, транслабиальным и трансперинеальным доступами и доплерометрия сосудов малого таза осуществлялись с помощью аппарата ультразвуковой диагностики GE Voluson E6. Трансвагинальная эхография и доплерометрия сосудов матки проводилась перед назначением процедур и после завершения лечения (в следующем менструальном цикле), сразу после завершения менструации (5–7-й день менструального цикла). Оценка структуры и измерение толщины эндометрия проводились до включения в исследование и сразу после окончания лечения, на 23–24-й день менструального цикла. Условием для проведения научно-клинического исследования было применение барьерной контрацепции в течение одного цикла до и во время проведения лечения.

Для функциональной оценки состояния мышц тазового дна при помощи ультразвуковой диагностики транслабиальным доступом было проведено исследование степени выраженности пролапса гениталий в покое, а также с провоцирующей пробой Вальсальвы, являющейся критерием ранних нарушений при повышении внутрибрюшного давления и характеризующейся показателями переднего уретровезикального угла ( $\alpha$ ) в покое и при натуживании, а также показателем ротации угла  $\alpha$  на высоте пробы Вальсальвы.

Для анализа изменения психоэмоционального состояния исследуемых применялась оценка личностной и ситуативной тревожности по шкале Спилбергера — Ханина. Пациентки заполняли опросник до начала лечения и после его окончания (в следующем менструальном цикле).

Для статистической обработки данных применялось программное обеспечение Statistica v.6.0 (StatSoft Inc.). Расчеты производились параметрическими и непараметрическими методами: при нормальном распределении оценивалось среднее значение, в случае неправиль-

ного — стандартное отклонение  $M \pm \sigma$ . Описательная статистика количественных переменных представлена медианой и межквартильным размахом, где Q1 — 25-й квартиль, Q3 — 75-й квартиль. Межгрупповые различия оценивались по t-критерию Стьюдента при нормальном распределении и U-критерию Манна — Уитни при ненормальном. Анализ динамики показателей внутри одной группы проводили по парному t-критерию Стьюдента или критерию Вилкоксона. Критический уровень значимости принимался равным 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По итогам проведенной рандомизации 55 пациентов, вошедших в исследование, в основную группу исследования (группу 1) были включены 28 пациенток с хроническим эндометритом, сочетанным с пролапсом гениталий I–II степени, в возрасте от 28 лет до 41 года. Средний возраст пациенток составил 36,0 [28,0;41,0] лет. В группу сравнения (группу 2) вошли 27 пациенток с хроническим эндометритом, сочетанным с пролапсом гениталий I–II степени, в возрасте от 29 до 42 лет. Средний возраст пациенток 2-й группы составил 35,0 [29,0; 42,0] лет.

По своим исходным характеристикам группы были равнозначны и статистически не различались ( $p > 0,05$ ) ни по одному из исследуемых показателей.

После проведенного лечения показатели личностной тревожности достоверно не изменились ни в одной из исследуемых групп ( $p > 0,05$ ), в то время как показатель ситуативной тревожности в 1-й группе снизился на 27,2 % от исходного значения ( $p < 0,001$ ), во второй группе — на 19,9 % от исходных параметров ( $p < 0,001$ ), межгрупповые различия при оценке ситуативной тревожности оказались незначимы ( $p = 0,06$ ) (табл. 1).

По данным ультразвукового исследования, проведенного на 23–24-й дни менструального цикла до начала лечения, наиболее частыми изменениями эндометрия у пациенток явились: неоднородная эхоструктура эндометрия, М-эхо 7 мм и менее, наличие гиперэхогенных включений в базальном слое, асимметрия стенок эндометрия. После проведенного лечения в обеих группах наблюдения при ультразвуковом исследовании отмечалось восстановление нормальной структуры и увеличение толщины эхокомплекса слизистой оболочки матки. После лечения толщина эндометрия в основной группе и группе сравнения существенно увеличилась на 39,6 и 31,7 % соответственно (табл. 2). Межгрупповые различия при оценке данного показателя оказались статистически незначимы ( $p = 0,3$ ) (табл. 2).

При доплерометрии сосудов органов малого таза, выполненной на 5–7-й день менструального цикла, наблюдалось улучшение параметров, характеризующих кровотоки в маточных сосудах. Выявлено увеличение значения медианы индекса артериальной перфузии на 100 и 80 % соответственно в основной группе и группе сравнения (табл. 3).

По данным гинекологического осмотра, проведенного у всех пациенток перед включением в исследование, в 91,0 % наблюдений было выявлено зияние половой щели. Оценка степени опущения органов малого таза производилась с помощью системы POP-Q на высоте пробы Вальсальвы. По степени пролапса пациентки распре-

**Таблица 1.** Показатели личностной и ситуативной тревожности по шкале Спилбергера — Ханина,  $M \pm SD$   
**Table 1.** Indicators of personal and situational anxiety on the State-Trait Anxiety Inventory,  $M \pm SD$

Параметры / Parameters	Основная группа (группа 1) / Main group (Group 1), (n = 28)			Группа сравнения (группа 2) / Comparison group (Group 2), (n = 27)		
	Исходно / Initially	После лечения / After treatment	$p^*$	Исходно / Initially	После лечения / After treatment	$p^*$
<b>Личностная тревожность, баллы / Personal anxiety, scores</b>	45,2 ± 2,8	44,3 ± 2,7	$p > 0,05$	46,2 ± 2,7	46 ± 2,2	$p > 0,05$
<b>Ситуативная тревожность, баллы / Situational anxiety, scores</b>	49,03 ± 2,5	35,7 ± 1,8	$p < 0,001$	49,6 ± 2,2	39,7 ± 1,8	$p < 0,001$

**Примечание:** \* Анализ внутригрупповых различий произведен по парному критерию Стьюдента.  
**Note:** \* The analysis of intragroup differences was carried out according to the paired Student's test.

делились следующим образом: 70,0 % — с пролапсом гениталий I степени и 30,0 % с пролапсом гениталий I–II степени.

По данным ультразвукового исследования тазового дна транслабиальным доступом, в обеих группах отсутствовали достоверные различия параметров уретровезикального угла в покое как до, так и после лечения ( $p > 0,05$ , сравнение межгрупповых различий проводили с использованием U-критерия Манна — Уитни). В основной группе после лечения наблюдалось статистически значимое уменьшение медианы величины переднего уретровезикального угла при пробе Вальсальвы и медианы величины ротации угла  $\alpha$  при нагрузке ( $p < 0,001$ ). В группе сравнения достоверных изменений уретровезикального угла при функциональных пробах не отмечалось ( $p > 0,05$ ). Данные измерений параметров функционирования тазового дна представлены в табл. 4.

После прохождения программы лечения в основной группе исследования были отмечены значимые различия по показателям зияния половой щели, а также состоянию тонуса вагинальных мышц при гинекологическом осмотре. Показатель зияния половой щели снизился с 91,0 до 32,5 % ( $p < 0,05$ ). По результатам повторной визуальной оценки степени опущения органов малого таза

с помощью системы POP-Q на высоте пробы Вальсальвы, пролапс гениталий I степени был выявлен у 30,0 % исследуемых, у остальных пациенток клинические проявления несостоятельности мышц тазового дна нивелировались.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования доказывают высокую эффективность комплексной программы восстановительного лечения, включающей бальнеотерапию и амплипульстерапию, и свидетельствуют о возможности коррекции проявлений хронического эндометрита с помощью физических факторов лечения. Это подтверждается исчезновением косвенных признаков хронического воспалительного процесса слизистой оболочки матки, по данным ультразвукового исследования, а также улучшением микроциркуляции в малом тазу.

Благоприятным эффектом также является коррекция психоэмоционального состояния пациенток, которая подтверждается снижением ситуативной тревожности, по данным опроса исследуемых, что немаловажно для полноценного планирования будущей беременности. Добавление в программу лечения тренировок мышц тазового дна под контролем биологической обратной связи достоверно корректирует проявления недоста-

**Таблица 2.** Изменение толщины эндометрия, по данным ультразвукового исследования,  $M \pm SD$   
**Table 2.** Changes in endometrial thickness according to ultrasound,  $M \pm SD$

Параметры / Parameters	Основная группа (группа 1) / Main group (Group 1), (n = 28)			Группа сравнения (группа 2) / Comparison group (Group 2), (n = 27)		
	Исходно / Initially	После лечения / After treatment	$p^*$	Исходно / Initially	После лечения / After treatment	$p^*$
<b>Толщина эндометрия, мм / Endometrial thickness, mm</b>	5,8 ± 0,1	8,1 ± 0,3	$p < 0,001$	6,0 ± 0,1	7,9 ± 1,1	$p < 0,001$

**Примечание:** \* Анализ внутригрупповых различий произведен по парному критерию Стьюдента.  
**Note:** \* The analysis of intragroup differences was carried out according to the paired Student's test.

**Таблица 3.** Динамика показателей индекса артериальной перфузии матки на 5–7-й день менструального цикла  
**Table 3.** Dynamics of indicators of the index of uterine arterial perfusion on the 5th–7th day of the menstrual cycle

Параметры / Parameters	Основная группа (группа 1) / Main group (Group 1), (n = 28)			Группа сравнения (группа 2) / Comparison group (Group 2), (n = 27)		
	Исходно / Initially	После лечения / After treatment	p*	Исходно / Initially	После лечения / After treatment	p*
Индекс артериальной перфузии матки, с <sup>-1</sup> / Uterine arterial perfusion index, s <sup>-1</sup>	0,8 [0,6;1,5]	1,6 [1;1,9]	p < 0,01	1 [0,6;1,8]	1,8 [1,5;1,9]	p < 0,01

**Примечание:** \* Анализ внутригрупповых различий произведен по критерию Вилкоксона.  
**Note:** \* Analysis of intragroup differences was carried out using the Wilcoxon test.

**Таблица 4.** Параметры ультразвукового исследования тазового дна  
**Table 4.** Pelvic floor ultrasound parameters

Параметры / Parameters	Основная группа (группа 1) / Main group (Group 1), (n = 28)			Группа сравнения (группа 2) / Comparison group (Group 2), (n = 27)		
	Исходно / Initially	После лечения / After treatment	p*	Исходно / Initially	После лечения / After treatment	p*
Величина угла α в покое / Angle α at rest	32 [24,8; 39]	29,7 [26,1; 38]	p > 0,05	31,5 [27,3; 4,2]	31 [27,5; 34]	p > 0,05
Величина угла α при пробе Вальсальвы / Angle α at the Valsalva test	62,1 [50,7; 74,1]	52,1** [45,2; 61,1]	p < 0,001	61,6 [54,6; 70,8]	62,1 [50,1; 69]	p > 0,05
Ротация угла α при нагрузке / Alpha Angle Rotation at the Valsalva test	29,7 [25,4; 34,7]	21,6** [18,6; 25,1]	p < 0,001	30 [24,5; 6,1]	30 [26; 36,7]	p > 0,05

**Примечание:** \* — анализ внутригрупповых различий произведен по критерию Вилкоксона. \*\* — коэффициент достоверности p < 0,05, по сравнению с группой сравнения (анализ межгрупповых различий произведен по U-критерию Манна — Уитни).

**Note:** \* — Analysis of intragroup differences was carried out using the Wilcoxon test. \*\* — coefficient of significance p < 0.05 — compared with the comparison group (analysis of intergroup differences was carried out according to the Mann-Whitney U-test).

точности мышц тазового дна и приводит к улучшению кровообращения в органах малого таза, что подтверждается более высоким индексом артериальной перфузии матки. Краткосрочная программа тренировок эффективно зарекомендовала себя в лечении пролапса гениталий

на ранних стадиях, однако необходимо помнить о назначении домашнего комплекса упражнений для мышц тазового дна с целью самостоятельного использования его пациентками и предотвращения возможного рецидива заболевания.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

**Котенко Наталья Владимировна**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела соматической реабилитации репродуктивного здоровья и активного долголетия, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.  
 E-mail: kotenkonv@nmicrk.ru;  
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6501-791X>

**Борисевич Ольга Олеговна**, научный сотрудник отдела соматической реабилитации репродуктивного здоровья и активного долголетия, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.  
 E-mail: borisevichoo@nmicrk.ru;  
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3175-6308>  
**Романова Наталья Анатольевна**, научный сотрудник отдела соматической реабилитации репродуктивного здоровья

КОТЕНКО Н.В. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

и активного долголетия, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: romanovanr@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7612-3388>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Котенко Н.В. — методология, проведение исследования, проверка и редактирование рукописи; Борисевич О.О. — проведение исследования, анализ данных, написание и редактирование текста статьи; Романова Н.А. — проверка и редактирование рукописи.

#### ADDITIONAL INFORMATION

**Natalya V. Kotenko**, Ph.D. (Med.), Leading Research, Department of Somatic Rehabilitation, Reproductive Health and Active Longevity, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology. E-mail: kotenkonv@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6501-791X>

**Olga O. Borisevich**, Research Fellow, Department of Somatic Rehabilitation, Reproductive Health and Active Longevity, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology. E-mail: borisevichoo@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3175-6308>

**Natalya A. Romanova**, Research Fellow, Department of Somatic Rehabilitation, Reproductive Health and Active Longevity, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology. E-mail: romanovanr@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7612-3388>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования было одобрено Локальным этическим комитетом Национального медицинского исследовательского центра реабилитации и курортологии (протокол № 3, 18.12.2020).

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Natalya V.Kotenko — methodology, investigation, writing — review & editing; Olga O.Borisevich — investigation, data analysis, writing and editing; Natalya A.Romanova — writing, review & editing.

**Funding.** This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Ethics Approval.** The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the 2013 Declaration of Helsinki. The study was approved by the Local Ethics Committee of the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology (Protocol No. 3, 18.12.2020).

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

#### Список литературы / References

- Park H.J., Kim Y.S., Yoon T.K., Lee W.S. Chronic endometritis and infertility. *Clinical and Experimental Reproductive Medicine*. 2016; 43(4): 185–192. <https://doi.org/10.5653/cerm.2016.43.4.185>.
- Kasius J.C., Fatemi H.M., Bourgain C., Sie-Go D.M., Eijkemans R.J., Fauser B.C., Devroey P., Broekmans F.J. The impact of chronic endometritis on reproductive outcome. *Fertility and Sterility*. 2011; 96(6): 1451–1456. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2011.09.039>.
- Di Tucci C., Di Mascio D., Schiavi M.C., Perniola G., Muzii L., Benedetti Panici P. Pelvic Inflammatory Disease: Possible Catches and Correct Management in Young Women. *Case Reports in Obstetrics and Gynecology*. 2018; (5831029). <https://doi.org/10.1155/2018/5831029>.
- Kimura F., Takebayashi A., Ishida M., Nakamura A., Kitazawa J., Morimune A., Hirata K., Takahashi A., Tsuji S., Takashima A., Amano T., Tsuji S., Ono T., Kaku S., Kasahara K., Moritani S., Kushima R., Murakami T. Review: Chronic endometritis and its effect on reproduction. *The Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*. 2019; 45(5): 951–960. <https://doi.org/10.1111/jog.13937>.
- Jennings L.K., Krywko D.M. Pelvic Inflammatory Disease. StatPearls Publishing. 2023.
- Wang J., Li Z., Ma X., Du L., Jia Z., Cui X., Yu L., Yang J., Xiao L., Zhang B., Fan H., Zhao F. Translocation of vaginal microbiota is involved in impairment and protection of uterine health. *Nature Communications*. 2021; 12(1): 4191. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24516-8>.
- Lozano F.M., Bernabeu A., Lledo B. et al. Characterization of the vaginal and endometrial microbiome in patients with chronic endometritis. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. 2021; (263): 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2021.05.045>.
- Бородулина И.В., Мухина А.А., Чесникова Е.И. Особенности применения инструментальных методов оценки функционального состояния мышечных групп пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Вестник восстановительной медицины*. 2021; 20(5): 65–72. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-5-65-72> [Borodulina I.V., Mukhina A.A., Chesnikova E.I. Features of the Application of Instrumental Methods for Lumbosacral Muscle Groups Functional State Assessing. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2021; 20 (5): 65–72. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-5-65-72> (In Russ.)]
- Zhang Y., Yang H., Lin L., Yang W., Xiong G., Gao G. The relationship between pelvic floor functions and vaginal microbiota in 6–8 weeks postpartum women. *Frontiers in Microbiology*. 2022; (13): 975406. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.975406>.
- Nygaard I.E., Wolpern A., Bardsley T., Egger M.J., Shaw J.M. Early postpartum physical activity and pelvic floor support and symptoms 1 year postpartum. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2021; 224(2): 193.e1–193.e19. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.08.033>.

Оригинальная статья / Original article

УДК: 616-084

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-136-145>

## Эффект механотерапии и виртуальной реальности на показатели сердечно-сосудистой деятельности и выраженность одышки у пациентов, перенесших COVID-19: проспективное рандомизированное исследование

 Ансокова М.А.\*  Марченкова Л.А.,  Юрова О.В.,  Фесюн А.Д.,  Князева Т.А.,  
 Вершинин А.А.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Потребность в разработке программы реабилитации пациентов с постковидным синдромом с сохраняющимися симптомами, в т.ч. со стороны кардиопульмональной системы, сохраняется.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Исследуемую выборку составили 120 пациентов от 40 до 70 лет с постковидным синдромом в период от 1 до 6 месяцев после перенесенной COVID-19, которые были рандомизированы на 2 группы. Основная группа (n = 60) получала новый комплекс медицинской реабилитации: занятия на роботизированном тренажере с биологической обратной связью (БОС) для тренировки мышц нижних конечностей Con-Trex, № 10; интерактивная балансотерапия «Стабилан 01-2», № 10; тренировки на реабилитационной интерактивной безмаркерной системе с технологией виртуальной реальности Nirvana, № 10. Группа контроля (n = 60) получала базовое лечение: специальный комплекс лечебной гимнастики, № 10; низкоинтенсивное лазерное излучение, № 10; спелеовоздействие, № 10; медицинский массаж на область грудной клетки, № 10. Перед началом и в конце курса реабилитации проводился клинический осмотр, сбор анамнеза, проведение кардиопульмонального тестирования и оценка выраженности одышки.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** В начале курса реабилитации у 90 % пациентов присутствовала одышка, наблюдались снижение пикового потребления кислорода и высокие значения частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического и диастолического артериального давления (АД) на пике нагрузки. Применение нового комплекса медицинской реабилитации у данных пациентов способствовало более значимому, чем при стандартном методе реабилитации, повышению кардиореспираторной выносливости, по данным кардиопульмонального тестирования: возросли максимально выполненная работа на 12,9 % и потребление кислорода первого вентиляционного порога — на 6,3 %, снизилось диастолическое АД на пике нагрузки в среднем на 7 мм рт. ст.; увеличилась доля пациентов с легкой степенью до 60 % и с отсутствием одышки до 26 %, уменьшилось число пациентов с одышкой средней степени до 13,3 %, тяжелой и очень тяжелой одышкой до 0 %.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Новый комплекс с применением технологий виртуальной реальности, роботизированной механотерапии с БОС и интерактивной балансотерапии может быть рекомендован в реабилитации пациентов с постковидным синдромом.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** постковидный синдром, медицинская реабилитация, механотерапия, виртуальная реальность, кардиопульмональное тестирование.

**Для цитирования / For citation:** Ансокова М.А., Марченкова Л.А., Юрова О.В., Фесюн А.Д., Князева Т.А., Вершинин А.А. Эффект механотерапии и виртуальной реальности на показатели сердечно-сосудистой деятельности и выраженность одышки у пациентов, перенесших COVID-19: проспективное рандомизированное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):136-145. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-136-145>. [Anskova M.A., Marchenkova L.A., Yurova O.V., Fesyun A.D., Knyazeva T.A., Vershinin A.A. The Effect of Mechanotherapy and Virtual Reality on Cardiovascular Activity and the Severity of Shortness of Breath in Patients with Post COVID-19 Syndrome: A Prospective Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):136-145. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-136-145>. (In Russ.)

\***Для корреспонденции:** Ансокова Марьяна Аркадьевна, E-mail: [ansokovama@nmicrk.ru](mailto:ansokovama@nmicrk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8888-6149>

Статья получена: 03.04.2023

Поступила после рецензирования: 07.04.2023

Статья принята к печати: 27.04.2023

© 2023, Ансокова М.А., Марченкова Л.А., Юрова О.В., Фесюн А.Д., Князева Т.А., Вершинин А.А.

Maryana A. Anskova, Larisa A. Marchenkova, Olga V. Yurova, Anantoliy D. Fesyun, Tatyana A. Knyazeva, Alexey A. Vershinin

Эта статья открытого доступа по лицензии CC BY 4.0. Издательство: ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России.

This is an open article under the CC BY 4.0 license. Published by the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

# The Effect of Mechanotherapy and Virtual Reality on Cardiovascular Activity and the Severity of Shortness of Breath in Patients with Post COVID-19 Syndrome: A Prospective Randomized Study

 Maryana A. Ansokova\*,  Larisa A. Marchenkova,  Olga V. Yurova,  Anantoliy D. Fesyun,  Tatyana A. Knyazeva,  Alexey A. Vershinin

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** At present, there is an urgent need to develop modern rehabilitation programs for COVID-19 patients with long-lasting residual symptoms of the disease, primarily from the cardiopulmonary system.

**AIM.** To assess the impact of a comprehensive medical rehabilitation program using virtual reality technologies, robotic mechanotherapy with biofeedback and interactive balance therapy on the severity of hypoxic syndrome, shortness of breath and cardiovascular activity in patients who have undergone COVID-19 and have manifestations of post-COVID syndrome (long COVID).

**MATERIAL AND METHODS.** The study sample consisted of 120 patients aged 40 to 70 years who had suffered COVID-19 within 1–6 months prior to inclusion in the study and had manifestations of SPCN, who were randomized into 2 groups. In the main group (n = 60), a new complex of medical rehabilitation was prescribed against the background of basic treatment: 1) sessions on the robotic biofeedback simulator for lower limb muscle training Con-Trex, #10; 2) balance therapy (sensorimotor training) using the biofeedback simulator «Stabilan 01–2», #10; 3) training on the rehabilitation interactive markerless system with virtual reality technology Nirvana, #10. In the control group (n = 60) patients received only basic treatment: 1) a special complex of therapeutic gymnastics performed in the hall with a physical therapy instructor, № 10; 2) low-intensity laser radiation, № 10; 3) speleo-exposure, № 10; 4) medical massage on the chest area, № 10. Research methods included clinical examination, anamnesis collection and cardiopulmonary testing and assessment of dyspnea severity before the beginning of rehabilitation and immediately after its completion.

**RESULTS AND DISCUSSION.** In the period from 1 to 6 months after COVID-19, 90.0 % of patients had dyspnea, as well as a decrease in peak oxygen consumption and high values of heart rate (HR), systolic and diastolic blood pressure (BP) at peak exercise. The application of a new complex of medical rehabilitation in patients with post-COVID disorder syndrome contributed to a more significant, than in the standard method of rehabilitation, increase in cardiorespiratory endurance, which is manifested in the increase in the maximum work performed by 12.9 % and oxygen consumption of the first ventilation threshold by 6.3 % and in the decrease in diastolic BP at peak load by an average of 7 mm Hg. According to cardiopulmonary testing, as well as an increase in the proportion of patients with mild (up to 60.0 %) or no dyspnoea (up to 26 %) and a decrease in the number of patients with moderate dyspnoea (up to 13.3 %), severe and very severe dyspnoea (up to 0 %). Most of the authors in their studies also note a high frequency of shortness of breath, along with such manifestations of post-COVID-19 syndrome as general weakness, poor exercise tolerance.

**CONCLUSION.** A new comprehensive medical rehabilitation program using virtual reality technologies, robotic mechanotherapy with biofeedback and interactive balance therapy are recommended to reduce the severity of hypoxic syndrome and dyspnea and improve cardiovascular performance in patients with post-COVID syndrome.

**KEYWORDS:** post-COVID syndrome, rehabilitation, mechanotherapy virtual reality, cardiopulmonary testing.

**For citation:** Ansokova M.A., Marchenkova L.A., Yurova O.V., Fesyun A.D., Knyazeva T.A., Vershinin A.A. The Effect of Mechanotherapy and Virtual Reality on Cardiovascular Activity and the Severity of Shortness of Breath in Patients with Post COVID-19 Syndrome: A Prospective Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):136-145. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-136-145> (In Russ.).

\***For correspondence:** Maryana A. Ansokova, E-mail: [ansokovama@nmicrk.ru](mailto:ansokovama@nmicrk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8888-6149>

**Received:** 03.04.2023  
**Revised:** 07.04.2023  
**Accepted:** 27.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Проявления новой коронавирусной инфекции (COVID-19), которая стала ведущей глобальной проблемой во всем мире в 2020–2022 гг., могут присутствовать у пациентов в течение нескольких месяцев после фактического выздоровления. Этот симптомокомплекс остаточных нарушений COVID-19 классифицируется как постковидный синдром.

Исследование, проведенное авторами из Испании на выборке пациентов, перенесших COVID-19, показало высокую частоту остаточных явлений новой коронавирусной инфекции (около 50 %) через 10–14 недель после начала заболевания, среди которых преобладали общая слабость, утомляемость, одышка, неврологические жалобы, а также высокий уровень стресса [1]. По данным Halpin et al. (2021), наиболее частым симптомом у паци-

ентов, перенесших COVID-19, являются общая слабость, одышка, психологический стресс и снижение качества жизни [2]. Carvalho-Schneider et al. (2020) показали, что в течение двух месяцев после выздоровления две трети из 150 взрослых пациентов с легким или среднетяжелым течением COVID-19 отмечали сохраняющиеся жалобы, в основном на потерю обоняния, вкуса, одышку или общую слабость [3].

Согласно опубликованным данным, у пациентов со среднетяжелым и тяжелым течением COVID-19 после выписки из стационара могут сохраняться такие симптомы, как одышка, в том числе и при незначительной физической активности, мышечная слабость и другие нарушения [4, 5]. Кроме этого, у данных пациентов резко снижается толерантность к физической нагрузке и качество жизни в целом [4].

### ЦЕЛЬ

Оценить влияние комплексной программы медицинской реабилитации с применением технологий виртуальной реальности, роботизированной механотерапии с биологической обратной связью и интерактивной балансотерапии на выраженность гипоксического синдрома, одышки и показатели сердечно-сосудистой деятельности у пациентов, перенесших COVID-19 и имеющих проявления постковидного синдрома.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России в рамках приоритетной темы НИР № НИОКРТП 121121600137–9.

Исследуемую выборку составили 120 пациентов в возрасте от 40 до 70 лет (38 мужчин и 82 женщины) в период от 1 до 6 месяцев после перенесенной новой коронавирусной инфекции COVID-19 до включения в исследование, имеющие проявления постковидного синдрома.

Критерии не включения в исследование:

- отказ подписать информированное согласие на участие в научном исследовании;
- все заболевания, в том числе инфекционные, в острой стадии, хронические заболевания в стадии обострения;
- злокачественные новообразования в анамнезе;
- все заболевания, при которых больные не способны к самостоятельному передвижению и самообслуживанию и нуждаются постоянно в специальном уходе;
- острое нарушение мозгового кровообращения, острый инфаркт миокарда в течение последних 6 месяцев;
- недостаточность кровообращения, класс III–IV по NYHA, и (или) стенокардия напряжения, III–IV ФК;
- доброкачественные новообразования, нуждающиеся в уточнении диагноза и в динамическом наблюдении;
- беременность;
- лактация;
- психические заболевания с симптомами острого психического расстройства, шизофрения, шизотипические и бредовые расстройства, болезнь Альцгеймера, деменция, выраженные расстройства поведения и социальной адаптации. Все формы наркомании и хронический алкоголизм;
- судорожные припадки и их эквиваленты, умственная отсталость, патологическое развитие личности с вы-

раженными расстройствами поведения и социальной адаптации;

- некомпенсированная артериальная гипертензия.

После завершения обследования 120 участников исследования были распределены методом простой рандомизации на 2 группы — основную (n = 60) и контрольную (n = 60).

В основную группу были включены 60 пациентов, которым на фоне базового лечения был назначен новый комплекс медицинской реабилитации: 1) занятия на роботизированном тренажере с биологической обратной связью для тренировки мышц нижних конечностей Con-Trex, № 10; 2) балансотерапия (сенсомоторная тренировка) с использованием тренажера с биологической обратной связью «Стабилан 01–2», № 10; 3) тренировки на реабилитационной интерактивной безмаркерной системе с технологией виртуальной реальности Nirvana, № 10.

В группу контроля были включены также 60 пациентов, получавших только базовое лечение, идентичное таковому в основной группе: 1) специальный комплекс лечебной гимнастики, выполняемой в зале с инструктором ЛФК, № 10; 2) низкоинтенсивное лазерное излучение, № 10; 3) спелеовоздействие, № 10; 4) медицинский массаж на область грудной клетки, № 10.

Методы исследования включали в себя клинический осмотр, сбор анамнеза заболевания, а также проведение кардиопульмонального тестирования и оценку выраженности одышки перед началом реабилитации и сразу после ее завершения.

Оценка степени физической выносливости проводилась с помощью спироэргометрии на диагностической системе для нагрузочного кардиопульмонального тестирования COSMED Quark CPET (Италия). Кардиопульмональное тестирование — определение параметров газообмена, объема потребляемого кислорода, выделяемого углекислого газа в единицу времени, минутной вентиляции легких и других вентиляционных параметров при постоянном мониторинге клинической реакции пациента на физическую нагрузку, гемодинамический ответ (АД) и изменения ЭКГ. По результатам нагрузочного тестирования каждому пациенту подбирался индивидуальный режим ежедневных аэробных тренировок на велотренажере. Начальная интенсивность тренинга составляла 50 % пиковой частоты сердечных сокращений (ЧСС), достигнутой при максимальном потреблении кислорода во время кардиопульмонального тестирования. Интенсивность нагрузки постепенно возрастала к 70 % пикового ЧСС к концу реабилитационной программы.

Основными исследуемыми параметрами кардиопульмонального тестирования были: максимально выполненная работа, которая измерялась в метаболических единицах (MET); пиковое потребление кислорода на высоте нагрузки — в мл/мин\*кг; потребление кислорода первого вентиляционного порога (аэробный порог — начало аэробно-анаэробного перехода) — в мл/мин\*кг; потребление кислорода второго вентиляционного порога (декомпенсация метаболического ацидоза — конец аэробно-анаэробного перехода) — в мл/мин\*кг; артериальное давление в покое и на пике нагрузки — в мм рт. ст.; частота сердечных сокращений (ЧСС) на пике нагрузки — в числе ударов в минуту.

Для оценки выраженности и динамики одышки у пациентов использовали шкалу одышки Медицинского исследовательского совета MRS (Medical Research Council Scale), которая сопоставляет появление дыхательного дискомфорта с той степенью физической нагрузки, которую способен выполнить больной в условиях повседневной деятельности.

Статистический анализ данных проведен в программе Microsoft STATISTICA 10.0. с учетом того, что все показатели не подчинялись закону нормального распределения переменных, данные представляли в виде медианы и второго и третьего квартилей — Me [Q1; Q3]. Для сравнения независимых выборок использовали непараметрический критерий Манна — Уитни с поправкой Бонферрони, зависимых выборок — непараметрический критерий Вилкоксона. Статистическая оценка различия распределений величин проводилась с использованием критерия хи-квадрат Пирсона. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основная и контрольная группы, сформированные по результатам скрининга путем рандомизации в соотношении 1:1, статистически равнозначные по гендерному соотношению, возрасту, длительности заболевания, выраженности симптомов постковидного синдрома (табл. 1). В основную группу вошли 60 пациентов (16 мужчин и 44 женщины) в возрасте от 41 до 70 лет, средний возраст 60,5 [51,0–69,5] года, проходящие лечение с использованием нового комплекса медицинской реабилитации. Группу контроля составили 22 мужчины и 38 женщин в возрасте от 46 до 69 лет, средний возраст 58,9 [51,0–67,5] года, получающих базовое лечение, идентичное базовому лечению в основной группе.

При анализе основных клинических характеристик не было выявлено значимых различий между группами пациентов по возрасту, показателям массы тела, роста, ИМТ, длительности заболевания и госпитализации, а также степени тяжести перенесенной новой коронавирусной инфекции ( $p > 0,05$ ). Доля пациентов, госпитализированных по поводу COVID-19, также была равнозначна. По тяжести заболевания (установленной по данным компьютерной томографии (КТ)) группы распределялись следующим образом: 9 (15 %) в основной и 7 (11,7 %) пациентов в контрольной группе перенесли COVID-19 легкой степени тяжести,  $p = 0,605$ ; 19 (31,7 %) и 18 (30 %) соответственно — средней степени тяжести,  $p = 0,846$ ; 18 (30 %) и 20 (33,3 %) — тяжелой степени тяжести,  $p = 0,700$ ; 14 (23,3 %) и 15 (25 %) — очень тяжелой степени тяжести соответственно,  $p = 0,835$ . Пневмонию перенесли 21,7 и 18,3 % пациентов соответственно,  $p = 0,657$ . При анализе особенностей проявлений постковидного синдрома пациенты чаще всего отмечали общую слабость (35 % в основной группе и 31,7 % — в контрольной,  $p = 0,704$ ) и потерю обоняния (28,3 и 26,7 % соответственно,  $p = 0,842$ ) (табл. 1)

Как видно из табл. 2, исходно все показатели кардиопульмонального тестирования в исследуемых группах значимо не различались ( $p > 0,05$ ) (табл. 2). Следует от-

метить, что минимально необходимые значения пикового потребления кислорода на высоте нагрузки для обеспечения активной повседневной жизни составляют в среднем от 15 до 18 мл/мин\*кг кислорода [6]. В связи с этим можно заключить, что в обеих группах пациентов, перенесших COVID-19, медиана пикового потребления кислорода на высоте нагрузки была ниже оптимальной — 14,9 мл/мин\*кг кислорода в основной группе и 14,7 мл/мин\*кг кислорода — в контрольной ( $p = 0,809$ ). Также у пациентов обеих групп перед началом реабилитации наблюдались достаточно высокие значения ЧСС на пике физической нагрузки, систолического АД в покое и на пике нагрузки, диастолического АД в покое и на пике нагрузки, что говорит о значительном снижении общей выносливости. Показатели максимально выполненной физической работы составили 5,4 [4,17; 6,97] MET и 4,8 [3,9; 5,07] MET в основной и контрольной группе соответственно ( $p = 0,120$ ) (табл. 2). Следует отметить, что выявленные изменения данного показателя у пациентов, перенесших COVID-19, сходны с таковыми в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта [7].

Исследование кардиореспираторных показателей в основной и контрольной группах в динамике показало, что после завершения реабилитации достоверно значимое ( $p < 0,05$ ) увеличение пикового потребления кислорода на высоте нагрузки максимальной выполненной работы и потребления кислорода первого вентиляционного порога наблюдалось в обеих группах, однако значения последних двух показателей в основной группе были значимо выше, чем в контрольной группе. Так, максимально выполненная работа в основной группе возросла в динамике на 12,9 %,  $p = 0,001$  против 3,03 % в контрольной,  $p = 0,042$ , и на 12-й день после начала лечения была на 25,3 % выше, чем в контроле,  $p = 0,006$ . Динамика потребления кислорода первого вентиляционного порога составила соответственно +6,3 %,  $p = 0,022$  и +5,0 %,  $p = 0,049$ ,  $p = 0,016$  через 12 дней (табл. 2).

Существенная динамика показателей диастолического АД наблюдалась только в основной группе: снижение в покое в среднем на 5 мм рт. ст.,  $p = 0,044$ , на пике нагрузки — в среднем на 7 мм рт. ст.,  $p = 0,003$ . После завершения реабилитации в основной группе медиана диастолического АД была ниже, чем в контроле, как в покое,  $p = 0,01$ , так и на пике нагрузки,  $p = 0,037$ . Достоверно значимой динамики ЧСС и систолического АД в покое и на пике нагрузки выявлено не было, однако уровень систолического АД в покое в основной группе после завершения реабилитации был в среднем на 3 мм рт. ст. ниже, чем в контроле,  $p = 0,02$  (табл. 2).

Исходная оценка показателей одышки по шкале MRS показала, что в период от 1 до 6 месяцев после перенесенной новой коронавирусной инфекции COVID-19 одышка присутствует у 90,0 % (108/120) пациентов, причем в большинстве случаев — 55,8 % (67/120) — она имеет среднюю степень тяжести (рис. 1).

Полученные нами данные о частоте одышки превышают данные, представленные в зарубежных работах. Хотя общая слабость, плохая переносимость физических

**Таблица 1.** Исходные клинико-возрастные характеристики исследуемых групп  
**Table 1.** Initial clinical and age characteristics of the studied groups

Параметры / Parameters		Основная группа / Main group, n = 60	Контрольная группа / Control group, n = 60	p
Мужчины / женщины / Male / female, n (%)		16 / 44 (26,7 / 73,3)	22 / 38 (36,7 / 63,3)	0,248
Возраст, лет / Age, years Me [Q1;Q3], min-max		60,5 [51,0–69,5] (41,0–70,0)	58,9 [51,0–67,5] (46,0–69,0)	0,089
Вес, кг / Weight, kg Me [Q1; Q3] (min-max)		84,3 [72,0–95,0] (51,0–128,0)	78,8; [67,5–91,5] (54,0–120,0)	0,077
Рост, см / Height, cm Me [Q1; Q3] (min-max)		167,4 [162,0–172,0] (152,0–194,0)	168,5 [160,0–175,0] (149,0–202,0)	0,067
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup> / Body Mass index, kg/m <sup>2</sup> Me [Q1; Q3] (min-max)		30,0 [25,5–34,9] (18,8–51,2)	27,4 [23,1–31,5] (19,2–46,5)	0,065
Распределение пациентов по тяжести заболевания по КТ / Distribution of patients according to the severity of the disease by computed tomography, n (%)	легкая / easy	9 / 60 (15 %)	7 / 60 (11,7 %)	0,605
	средняя / average	19 / 60 (31,7 %)	18 / 60 (30 %)	0,846
	тяжелая / heavy	18 / 60 (30 %)	20 / 60 (33,3 %)	0,700
	очень тяжелая / very heavy	14 / 60 (23,3 %)	15 / 60 (25 %)	0,835
Длительность заболевания, дни / Duration of the disease, days Me [Q1; Q3] (min-max)		14,5 [11,0–16,5]; (10–24)	12,1 [10,0–14,0] (8–19)	0,068
Доля пациентов, госпитализированных по поводу COVID-19 / The proportion of patients hospitalized for COVID-19, n (%)		16 / 60 (26,7 %)	15 / 60 (25,0 %)	0,838
Длительность госпитализации, дни / Duration of hospitalization, days Me [Q1; Q3] (min-max)		1,0 [0–5,5] (0–117,0)	1,0 [0–6,0] (0–19,0)	0,094
Основные проявления постковидного синдрома / The main manifestations of post-COVID syndrome, n (%)	бессимптомно / asymptomatic	6 / 60 (10 %)	4 / 60 (6,7 %)	0,533
	потеря обоняния / loss of sense of smell	17 / 60 (28,3 %)	16 / 60 (26,7 %)	0,842
	лихорадка / fever	4 / 60 (6,7 %)	5 / 60 (8,3 %)	0,745
	пневмония / pneumonia	11 / 60 (18,3 %)	11 / 60 (18,3 %)	1,0
	общая слабость / general weakness	21 / 60 (35,0 %)	19 / 60 (31,7 %)	0,704
	другие проявления / other manifestations	1 / 60 (1,7 %)	2 / 60 (3,3 %)	0,622

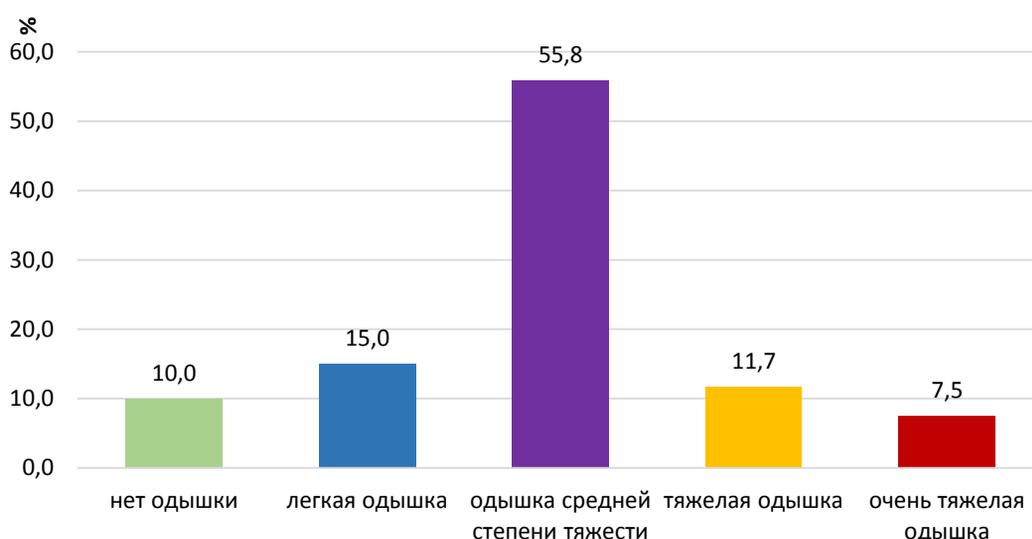
нагрузок и одышка, по мнению большинства авторов, являются самыми распространенными проявлениями постковидного синдрома [8], тем не менее частота одышки специалистами оценивается на уровне 29,0–43,4 % [9,10], снижение жизненной емкости легких — на уровне 25–50 % [11–14]. Очевидно, столь высокая частота присутствия одышки у пациентов в нашем исследовании обусловлена тяжестью перенесенной новой коронавирусной инфекции большинством из них: 55,8 % (67/120) наших пациентов перенесли COVID-19 в тяже-

лой или очень тяжелой форме, по данным КТ, 30,8 % (37/120) — в среднетяжелой форме (табл. 1).

Как видно из табл. 3, до начала реабилитации соотношение пациентов с различной степенью тяжести одышки в группах достоверно значимо не различалась. Так, в основной группе на тяжелую и очень тяжелую одышку равнозначно указали по 8,3 % пациентов, тогда как в контрольной группе очень тяжелую одышку отмечали 6,7 % (p = 0,745 в сравнении с основной группой), тяжелую — 15,0 % (p = 0,394). На одышку средней степени тяжести

**Таблица 2.** Динамика показателей сердечно-сосудистой деятельности, по данным кардиопульмонального тестирования  
**Table 2.** Dynamics of indicators of cardiovascular activity according to cardiopulmonary testing

Параметры / Parameters	Основная группа / Main group, n = 60		Контрольная группа / Control group, n = 60		Достоверность отличий между группами / reliability of differences between groups
	Исходно / Initially	После реабилитации / After rehabilitation	Исходно / Initially	После реабилитации / After rehabilitation	
Максимальная выполненная работа (МЕТ) / Maximum work performed (MET)	5,4 [4,17; 6,97]	6,2 [5,1; 7,2]	4,8 [3,9; 5,075]	4,95 [4; 5,675]	0,001 0,042
Пиковое потребление кислорода на высоте нагрузки, мл/мин*кг / Peak oxygen consumption at load height, ml/min*kg	14,9 [13,2; 18,8]	16,55 [13,9; 19,98]	14,7 [11,1; 23,35]	15,9 [11,125; 24,925]	0,000 0,000
ЧСС на пике физической нагрузки, уд/мин / Heart rate at the peak of physical activity, beats/min	128 [120; 142,75]	121 [117,7; 141,7]	128 [124,25; 140,75]	130 [122; 143,75]	0,318 0,163
Потребление кислорода первого вентиляционного порога (начало аэробно-анаэробного перехода), мл/мин*кг / Oxygen consumption of the first ventilation threshold (beginning of aerobic-anaerobic transition), ml/min*kg	12,0 [9,75; 13,8]	12,8 [10,8; 14,4]	11,5 [9,825; 12,7]	12,1 [10,04; 13,5]	0,022 0,049
Систолическое АД в покое, мм рт. ст. / Systolic blood pressure at rest, mmHg	133 [115; 133]	125 [120; 134]	135 [116; 144]	130 [120; 130]	0,588 0,389
Диастолическое АД в покое, мм рт. ст. / Diastolic blood pressure at rest, mmHg	90 [90; 100]	85 [85; 95]	90 [90; 90]	90 [90; 95]	0,044 0,257
Систолическое АД на пике нагрузки, мм рт. ст. / Systolic blood pressure at peak load, mmHg	180 [170; 187,5]	172,5 [170; 19]	180 [170; 190]	180 [177; 189,7]	0,951 0,488
Диастолическое АД на пике нагрузки, мм рт. ст. / Diastolic blood pressure at peak load, mmHg	95 [86; 99]	88 [78; 91]	99 [95; 102]	94 [89; 97]	0,003 0,223



**Рис. 1.** Распространенность одышки различной степени тяжести в сроки от 1 до 6 месяцев после перенесенной новой коронавирусной инфекции COVID-19

**Fig. 1.** Prevalence of dyspnea of varying severity in the period from 1 to 6 months after new coronavirus infection COVID-19

указали 61,7 % пациентов в основной группе и 50 % — в контрольной ( $p = 0,206$ ), на легкую степень — 13,3 % и 16,7 % пациентов соответственно ( $p = 0,621$ ). Проявлений одышки не отмечали только 8,3 % и 11,7 % пациентов в основной и контрольной группах ( $p = 0,562$ ) (табл. 3).

В динамике после завершения курса реабилитации отмечалось улучшение показателей одышки по шкале MRS в обеих группах. Так, у пациентов основной группы после проведения реабилитационной программы от-

существовала одышка тяжелой и очень тяжелой степени (0 % в каждом случае,  $p = 0,029$ , по сравнению с исходным уровнем для каждой степени тяжести), а доля лиц с одышкой средней степени одышки снизилась (с 61,7 % до 13,3 %,  $p < 0,001$ ). При этом значительно увеличилась доля пациентов, у которых одышка отсутствует (с 8,3 % до 26,7 %,  $p = 0,009$ ) или присутствует в легкой степени (с 13,3 % до 60,0 %,  $p < 0,001$ ) (табл. 3).

В контрольной группе, в отличие от основной, после завершения реабилитации доли пациентов с одышкой

**Таблица 3.** Динамика тяжести одышки у пациентов  
**Table 3.** Dynamics of the severity of dyspnea in patients

Степень / Degree	Тяжесть / Severity	Основная группа / Main group, n = 60			Контрольная группа / Control group, n = 60			Достоверность отличий между группами / Reliability of differences between groups	
		Исходно / Initially, n (%)	Повторно / Again, n (%)	p	Исходно n (%)	Повторно / Again, n (%)	p	p исход. / p initially	p повт. / p again
0	Нет / No	5 / 60 (8,3)	16 / 60 (26,7)	0,009	7/60 (11,7)	20/60 (33,3)	0,005	0,562	0,550
1	Легкая / Easy	8 / 60 (13,3)	36 / 60 (60,0)	0,000	10 / 60 (16,7)	15/60 (25,0)	0,369	0,621	0,000
2	Средняя / Average	37 / 60 (61,7)	8 / 60 (13,3)	0,000	30/60 (50,0)	20/60 (33,3)	0,095	0,206	0,017
3	Тяжелая / Heavy	5 / 60 (8,3)	0 / 60 (0,0)	0,029	9/60 (15,0)	5/60 (8,3)	0,274	0,394	0,029
4	Очень тяжелая / Very heavy	5 / 60 (8,3)	0 / 60 (0,0)	0,029	4/60 (6,7)	0/60 (0,0)	0,059	0,745	1,0

**Примечание:** значения частот приведены в виде n/n (%), анализ различий в группах произведен по формуле хи-квадрат Пирсона.

**Note:** the frequency values are given in the form of n/n (%), the analysis of differences in the groups is carried out according to the formula Pearson square.

различной степени тяжести существенно не изменились: частота одышки очень тяжелой степени тяжести при повторном обследовании составила 0 % ( $p = 0,059$  по сравнению с частотой до лечения), тяжелой степени — 8,3 % ( $p = 0,274$ ), средней степени — 33,3 % ( $p = 0,095$ ), легкой степени — 25,0 % ( $p = 0,369$ ). В контрольной группе достоверно значимо изменилось (увеличилось) только число пациентов, у которых симптомы одышки отсутствуют (с 11,7 % до 33,3 %,  $p = 0,005$ ). Следует отметить, что после завершения курса реабилитации в основной группе, по сравнению с контрольной, была выше доля пациентов с легкой степенью одышки (60,0 % против 25,0 % соответственно,  $p = 0,0003$ ) и ниже — доля пациентов со средней степенью одышки (13,3 % против 33,3 % соответственно,  $p = 0,017$ ) и тяжелой одышкой (0 % против 8,3 %, соответственно,  $p = 0,029$ ) (табл. 3).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в период от 1 до 6 месяцев после перенесенной новой коронавирусной инфекции COVID-19 у 90,0 % пациентов присутствует одышка, а также наблюдается снижение пикового потребления кислорода, высокие значения ЧСС, систолического и диастолического АД на пике нагрузки, что свидетель-

ствует о значительном снижении общей выносливости. Применение нового комплекса медицинской реабилитации с включением технологий механотерапии и виртуальной реальности у пациентов с постковидным синдромом способствует более значимому, чем при стандартном методе реабилитации, повышению кардиореспираторной выносливости, что проявляется в возрастании максимально выполненной работы на 12,9 % и потребления кислорода первого вентиляционного порога на 6,3 % и в снижении диастолического АД на пике нагрузки в среднем на 7 мм рт. ст., по данным кардиопульмонального тестирования, а также в увеличении доли пациентов с легкой степенью (до 60,0 %) или отсутствием одышки (до 26 %) и в уменьшении числа пациентов с одышкой средней степени (до 13,3 %), тяжелой и очень тяжелой одышкой (до 0 %). Следовательно, новая комплексная программа медицинской реабилитации с применением технологий виртуальной реальности, роботизированной механотерапии с биологической обратной связью и интерактивной балансотерапии может быть рекомендована для снижения выраженности гипоксического синдрома и одышки и улучшения показателей сердечно-сосудистой деятельности у пациентов, перенесших COVID-19 и имеющих проявления постковидного синдрома.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Ансокова Марьяна Аркадьевна**, младший научный сотрудник отдела соматической реабилитации репродуктивного здоровья и активного долголетия, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: ansokovama@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8888-6149>

**Марченкова Лариса Александровна**, доктор медицинских наук, заведующая отделом соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, главный научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: marchenkova@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1886-124X>

**Юрова Ольга Валентиновна**, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по образовательной и научной деятельности, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: yurovaov@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>

**Фесюн Анатолий Дмитриевич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры организации здравоохранения и санаторно-курортного дела, и.о. директора, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: fesyunad@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Князева Татьяна Александровна**, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: knyazevata@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3384-5205>

**Вершинин Алексей Анатольевич**, врач кардиолог, врач функциональной диагностики, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: vershininaa@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5734-9903>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Ансокова М.А. — набор исследуемого материала, статистическая обработка и анализ данных, обзор и анализ публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; формулирование выводов; Марченкова Л.А. — значимое участие в разработке концепции и дизайна исследования, проверка критически важного содержания статьи, научная редакция текста рукописи, формулирование выводов; Фесюн А.Д., Юрова О.В. — значимое участие в разработке концепции и дизайна исследования, финальное утверждение рукописи для публикации; Князева Т.А. — анализ полученных данных, редактирование текста; Вершинин А.А. — проведение кардиопульмонального тестирования, интерпретация полученных результатов.

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Фесюн А.Д., Марченкова Л.А., Ансокова М.А., Вершинин А.А. являются соавторами (правообладателями) патента на изобретение 2782499 С1, 28.10.2022 (заявка № 2022121831 от 11.08.2022), при разработке которого использованы результаты исследования. Фесюн А.Д. — и.о. директора ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии», президент Национальной ассоциации экспертов по санаторно-курортному лечению,

главный редактор журнала «Вестник восстановительной медицины». Юрова О.В. — заместитель главного редактора журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответ-

ствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено решением локального этического комитета ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России (протокол № 10, 28.11.2022).

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

#### ADDITIONAL INFORMATION

**Maryana A Ansokova**, Junior Researcher of the Department of Somatic Rehabilitation, Reproductive Health and Active Longevity, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology. E-mail: ansokovama@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8888-6149>

**Larisa A. Marchenkova**, Dr.Sci (Med.), Head of Somatic Rehabilitation, Active Longevity and Reproductive Health department, Chief Researcher, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: marchenkovala@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1886-124X>

**Olga V.Yurova**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Science and Professional Education, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: yurovaov@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7626-5521>

**Anatoliy D. Fesyun**, Dr.Sci. (Med.), Professor of Department of Healthcare Planning and Health Resort Management, Acting Director, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: fesyunad@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Tatyana A. Knyazeva**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: knyazevata@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3384-5205>

**Alexey A. Vershinin**, Cardiologist, Doctor of Functional Diagnostics, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: vershininaa@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5734-9903>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of

the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Ansokova M.A. — a set of research material, statistical processing and data analysis, review and analysis of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript; formulation of conclusions; Marchenkova L.A. — significant participation in the development of the concept and design of the study, verification of the critical content of the article, scientific revision of the text of the manuscript, formulation of conclusions; Fesyun A.D., Yurova O.V. — significant participation in the development of the concept and design of the study, the final approval of the manuscript for publication; Knyazeva T.A. — analysis of the received data, text editing; Vershinin A.A. — cardiopulmonary testing, interpretation of the results obtained.

**Funding.** This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** Fesyun A.D., Marchenkova L.A., Noskova M.A., Vershinin A.A. are authors (copyright holders) of the patent for the invention 2782499 C1, 10/28/2022. (Application No. 2022121831 dated 08/11/2022), in the development of which the results of the study were used. Fesyun A.D. — Acting Director of the National Medical Research Centre for Rehabilitation and Balneology, President of the National Association of Experts in Spa Treatment, Editor-in-Chief of the Bulletin of Rehabilitation Medicine. O.V. Yurova — Deputy Editor-in-Chief of the Bulletin of Rehabilitation Medicine. Other authors declare that there is no conflict of interest related to the research and publication of this article.

**Ethics Approval.** The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the 2013 Declaration of Helsinki. The study was approved by the Local Ethics Committee of National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology (Protocol No. 10, 11.28.2022).

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

### Список литературы / References

- Moreno-Pérez O., Merino E., Leon-Ramirez J.M., Andres M., Ramos J.M., Arenas-Jiménez J., Asensio S., Sanchez R., Ruiz-Torregrosa P., Galan I., Scholz A., Amo A., González-de-laAleja P., Boix V., Gil J. COVID-19-ALC research group. Post-acute COVID-19 syndrome. Incidence and risk factors: A Mediterranean cohort study. *Journal of Infection*. 2021; 82(3): 378–383. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2021.01.004>.
- Halpin S.J., Mclvor C., Whyatt G., Adams A., Harvey O., McLean L., Walshaw C., Kemp S., Corrado J., Singh R., Collins T., O'Connor R.J., Sivan M. Postdischarge symptoms and rehabilitation needs in survivors of COVID-19 infection: A cross-sectional evaluation. *Journal of Medical Virology*. 2021; 93(2): 1013–1022. <https://doi.org/10.1002/jmv.26368>.
- Carvalho-Schneider C., Laurent E., Lemaignan A., Beauflis E., Bourbao-Tournois C., Laribi S., Flament T., Ferreira-Maldent N., Bruyère F., Stefic K., Gaudy-Graffin C., Grammatico-Guillon L., Bernard L. Follow-up of adults with noncritical COVID-19 two months after symptom onset. *Clinical Microbiology and Infection*. 2021; 27(2): 258–263. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.09.052>.
- Wang D., Hu B., Hu C., Zhu F., Liu X., Zhang J. et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus — infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020; (323): 1061–1069. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.1585>.
- Анварбекова Ы.А., Узаков О.Ж. Эффективность реабилитации больных COVID-19 с использованием методов традиционной китайской медицины. *Медицина Кыргызстана*. 2020; (4): 25–8. [Anvarbekovna Y.A., Uzakov O.J. Effectiveness of rehabilitation of COVID-19 patients using methods of traditional Chinese medicine. *Medicine of Kyrgyzstan*. 2020; (4): 25–8 (In Russ.)]
- Billinger S.A., Arena R., Bernhardt J., Eng J.J., Franklin B.A., Johnson C.M. et al. (2014) Physical Activity and Exercise Recommendations for Stroke Survivors: A Statement for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2014; (45): 2532–2553. <https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000022>.

7. Vershinin A.A., Belyaeva I.A., Martynov M.Yu., Pekhova Y.G., Rachin A.P., Fesyun A.D., Gusev E.I. New Assessment of Overall Tolerance in the Rehabilitation of Patients in the Early Recovery Period of Ischemic Stroke. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21(3): 81–95. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-3-81-95>.
8. Guedj E., Champion J.Y., Dudouet P. et al. 18F-FDG brain PET hypometabolism in patients with long COVID. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 2021; (48): 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00259-021-05215-4>.
9. Carfi A., Bernabei R., Landi F. et al. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19. *JAMA*. 2020; (324): 603–5. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.12603>.
10. Tenforde M.W., Kim S.S., Lindsell C.J. et al. Symptom duration and risk factors for delayed return to usual health among outpatients with COVID-19 in a multistate health care systems network: United States, March — June 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*. 2020; (69): 993–8. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6930e1>.
11. Flora Cornish, Elisabeth A. Stelson. Concerns regarding a suggested long COVID paradigm. *The Lancet Respiratory Medicine*. 2023; 11(4): e34. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(23\)00095-4](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(23)00095-4).
12. Venturelli S., Benatti S.V., Casati M. et al. Surviving COVID-19 in Bergamo province: a post-acute outpatient re-evaluation. *Epidemiology & Infection*. 2021; (149): e32. <https://doi.org/10.1017/s0950268821000145>.
13. Wong M.C., Huang J., Wong Y.Y., Wong G.L. et al. Epidemiology, Symptomatology, and Risk Factors for Long COVID Symptoms: Population-Based, Multicenter Study. *JMIR Public Health and Surveillance*. 2023; (9): e42315. <https://doi.org/10.2196/42315>.
14. Zhao Hong-Mei, Xie Yu-Xiao, Wang Chen. Recommendations for respiratory rehabilitation in adults with COVID-19. *Chinese Medical Journal*. 2020; 133(13): 1595–1602. <https://doi.org/10.1097/cm9.0000000000000848>.





## VI Международный научно-практический конгресс «Бальнеотерапия: научные обоснования применения лечебных свойств воды»

и

## III Международный научно-практический форум «Бальнеологический потенциал развития исторических городов-курортов» 22–23 марта 2023 г.

22–23 марта 2023 г. в рамках Всемирного дня водных ресурсов (World Water Day) в смешанном формате прошли VI Международный научно-практический конгресс «Бальнеотерапия: научные обоснования применения лечебных свойств воды» и III Международный научно-практический форум «Бальнеологический потенциал развития исторических городов-курортов».

Организатором мероприятий выступило ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России совместно с Национальной ассоциацией экспертов по санаторно-курортному лечению, Ассоциацией курортных и туристических городов и Всемирной федерацией водолечения и климатолечения FEMTEC.

Участие в мероприятиях приняли почти 1000 человек из разных регионов России и зарубежных стран: Белоруссии, Узбекистана, Австралии, Италии, Кубы, а также представители органов исполнительной власти в сфере охраны здоровья, главные внештатные специалисты по санаторно-курортному лечению федеральных округов и субъектов Российской Федерации, главы администраций городов-курортов, ведущие эксперты санаторно-курортной отрасли, представители крупнейших научно-исследовательских институтов и санаторно-курортных организаций, медицинские работники, научные сотрудники, гидрогеологи, бальнеологи, производители минеральных вод. Спонсором мероприятий выступило ООО «Холдинг Аква», владеющее скважинами Ессентукского месторождения.

В мероприятиях с приветственным словом/докладом приняли участие академики РАН А.Н. Разумов, А.А. Кубанов, Н.К. Долгушкин, Д.Б. Никитюк, Ю.А. Рахманин, члены-корреспонденты РАН А.Н. Чилингаров, О.О. Синицина, В.А. Капцов, А.Т. Быков, а также член-корреспондент НАН Беларуси С.В. Губкин. Участников приветствовали советник губернатора Московской области по здравоохранению, главный внештатный специалист по терапии Минздрава Московской области, советник директора ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского» Н.П. Санина, заместитель директора Департамента организации медицинской помощи и санаторно-курортного дела Минздрава России Д.Э. Бадлуев и член комитета Государственной думы ФС РФ по охране здоровья Д.А. Хубезов.

В своем вступительном слове на пленарной сессии и.о. директора ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России

А.Д. Фесюн подчеркнул, что бальнеотерапия как наука о применении такого важного природного лечебного ресурса, как минеральная вода, считается одним из наиболее перспективных направлений в санаторно-курортном лечении, а также отметил необходимость дальнейшего проведения научных исследований в данном направлении.

В рамках VI Международного научно-практического конгресса «Бальнеотерапия: научные обоснования применения лечебных свойств воды» обсуждались вопросы сохранения и развития водных ресурсов планеты, в том числе оптимизации технологий использования гидроминеральных и иных природных ресурсов с целью повышения конкурентоспособности отечественного санаторно-курортного комплекса.

III Международный научно-практический форум «Бальнеологический потенциал развития исторических городов-курортов» был посвящен вопросам развития санаторно-курортного комплекса, медицинского и оздоровительного туризма, а также социально-экономического развития городов-курортов, международного сотрудничества в области бальнеологии.

За два дня работы было представлено 19 научных докладов, один из которых был посвящен 90-летию выдающегося ученого, академика РАМН В.М. Боголюбова, который возглавлял ЦНИИ курортологии и физиотерапии с 1976-го по 1998 г.

В докладах иностранных специалистов были освещены исторические аспекты развития бальнеологии, представлен практический опыт использования природных лечебных ресурсов, а также перспективы развития применения природных лечебных ресурсов.

Для участников Конгресса была проведена экскурсия в Центр испытаний и экспертизы природных лечебных ресурсов и Образовательный центр ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, где участники смогли ознакомиться с основными методами изучения природных лечебных ресурсов и работой аккредитационно-симуляционного центра.

По результатам проведенных мероприятий были намечены пути дальнейшего совершенствования законодательной и научно-доказательной базы по применению природных лечебных ресурсов и тесного сотрудничества всех профильных специалистов.



# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР



- Высшее образование (ординатура)
- Аспирантура, докторантура
- Соискательство
- Дополнительное профессиональное образование
- Аккредитация специалистов

## ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ (ОРДИНАТУРА)

### по специальности

- Лечебная физкультура и спортивная медицина
- Физиотерапия
- Мануальная терапия
- Неврология

## ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ

### Врачи (144 часа)

- Лечебная физкультура и спортивная медицина
- Физиотерапия
- Рефлексотерапия
- Организация здравоохранения и общественное здоровье
- Мануальная терапия

### Средний медицинский персонал (144 часа)

- Лечебная физкультура
- Физиотерапия
- Медицинский массаж

### Без медицинского образования (288 часов)

С высшим физкультурным образованием

- лечебная физкультура и спортивная медицина

## АСПИРАНТУРА, ДОКТОРАНТУРА

- Прикрепление для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук / доктора наук
- По специальности 3.1.33 «Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология, физиотерапия и медико-социальная реабилитация» (медицинские науки, биологические науки)

## АККРЕДИТАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ

Первичная специализированная аккредитация врачей по специальностям

- Физическая и реабилитационная медицина
- Лечебная физкультура и спортивная медицина
- Физиотерапия
- Рефлексотерапия
- Организация здравоохранения и общественное здоровье
- Мануальная терапия

## ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Профессиональная переподготовка с последующим проведением первичной специализированной аккредитации

### Для врачей

- Физическая и реабилитационная медицина (576 часов)
- Лечебная физкультура и спортивная медицина (504 часа)
- Физиотерапия (504 часа)
- Рефлексотерапия (576 часов)
- Организация здравоохранения и общественное здоровье (504/576 часов)
- Мануальная терапия (504 часа)

**Адрес:** 121069, г. Москва, Борисоглебский переулок, дом 9/1, каб. 208

**Телефон:** +7 (499) 277-01-05 (доб. 1516, 1517, 1519)

**umc-rnc@nmicrk.ru**  
**www.nmicrk.ru/obrazovanie**



Реклама



Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр  
реабилитации и курортологии»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации



САНАТОРИЙ  
**«Горный  
воздух»**



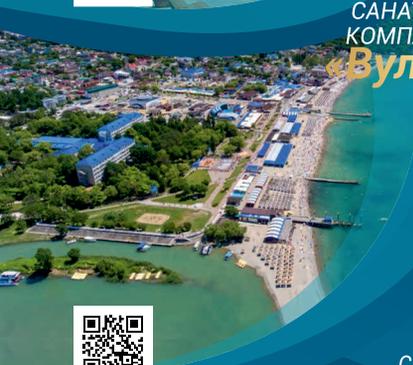
САНАТОРИЙ имени  
**И.М.Сеченова**



**Научно-  
клинический  
центр**  
НА НОВОМ АРБАТЕ  
(Москва)



САНАТОРНО-КУРОРТНЫЙ  
КОМПЛЕКС  
**«Вулан»**



САНАТОРИЙ  
**«Россия»**



**Мы предлагаем  
медицинскую реабилитацию  
и санаторно-курортное лечение!**

**НАШИ ПРИЕМУЩЕСТВА**

- Профессиональная команда специалистов
- Уникальные и эффективные методики обследования, лечения и реабилитации
- Более 100 лет научно-практической деятельности
- Индивидуальные программы восстановления здоровья
- Расположение в самом центре Москвы и на курортах России
- Демократичные цены



ЛЕЧЕБНО-РЕАБИЛИТАЦИОННЫЙ  
КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
**«Юдино»**



САНАТОРИЙ  
**«Кавказ»**



ЛЕЧЕБНО-РЕАБИЛИТАЦИОННЫЙ  
КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
**«Курортная  
больница»**

