



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

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

ТОМ 24,
№ 3. 2025
VOL. 24 (3)
2025

Вестник

восстановительной медицины

Bulletin of Rehabilitation Medicine
Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny



9 772078 196008

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

Подписной индекс: 71713 | www.vvmr.ru

ВЕСТНИК ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ

Том 24, № 3-2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

ЗУБАРЕВА Н.Н., д. э. н., доцент, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

КОНЧУГОВА Т.В., д.м.н., проф., Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия
УГО КАРРАРО, проф., Падуанский университет, Падуа, Италия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

ГАБУЕВА Л.А., д.э.н., профессор, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

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

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

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

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

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

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

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

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

КУРНЯВКИНА Е.А., к.м.н., проф., Санаторий «Краснозерский», Новосибирск, Россия

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

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

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

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

СКВОРЦОВ Д.В., д.м.н., проф., Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

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

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

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

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

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

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

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

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

Кристиан РОКК, проф., Университет им. Поля Сабатье — Тулуза III, Тулуза, Национальная медицинская академия, Париж, Франция

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

ПРЕДСЕДАТЕЛИ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

МАРЧЕНКОВА Л.А., д.м.н., 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-корр. РАН, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации восстановительной спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

РЕДАКЦИЯ

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

ЕФРЕМОВА Е.С., к.ф.н. Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР

МИЛОЙКОВИЧ Т.П., Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

ПЕРЕВОДЧИКИ

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

БУЛАТОВ В.П., Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия



УЧРЕДИТЕЛЬ и ИЗДАТЕЛЬ

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России
<https://nmicrk.ru/>



ПАРТНЕР

Национальная ассоциация экспертов по санаторно-курортному лечению
<https://sankur.expert/>

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.RU, 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

Информация предназначена для специалистов здравоохранения. © ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России. Журнал распространяется по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International 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 14.06.2025.
Выход в свет 21.06.2025.
Формат 640х900 1/8.
Бумага мелованная 115 г/м².
Печать офсетная.
Тираж 1000 экз. Заказ № 20250421.

Журнал распространяется на территории Российской Федерации. Свободная цена. Журнал подготовлен в печать и отпечатан в издательстве ООО «ПРАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА». 115201, Москва, 1-й Котляковский пер., д. 3 115516, Москва, а/я 20, тел.: +7 (495) 324-93-29 E-mail: medprint@mail.ru

BULLETIN OF REHABILITATION MEDICINE

Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny

Vol. 24, No. 3•2025

EDITOR-IN-CHIEF

NATALIA N. ZUBAREVA, D.Sc. (Econ.), Docent, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF

Tatiana V. KONCHUGOVA, D.Sc. (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, D.Sc. (Med.), Professor, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Lyudmila A. BELOVA, D.Sc. (Med.), Professor, Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

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

Anatoly T. BYKOV, D.Sc. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Kuban State Medical University, Sochi, Russia

Larisa A. GABUEVA, D.Sc. (Econ.), Professor, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

Marina Yu. GERASIMENKO, D.Sc. (Med.), Professor, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

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

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

Mikhail V. KIZEEV, Ph.D. (Med.), Sanatorium Reshma, Reshma, Ivanovo region, Russia

Denis V. KOVLEN, D.Sc. (Med.), Docent, S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

Olga M. KONOVA, D.Sc. (Med.), Docent, National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, Russia

Elena V. KOSTENKO, D.Sc. (Med.), Professor, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Detelina B. KULCHITSKAYA, D.Sc. (Med.), Professor, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

Elena A. KURNYAVKINA, Ph.D. (Med.), Professor, Sanatorium Krasnozersky, Novosibirsk, Russia

Mikhail Yu. MARTYNOV, D.Sc. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

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

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

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

DMITRIY V. SKVORTSOV, D.Sc. (Med.), Professor, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Elena F. TUROVININA, D.Sc. (Med.), Professor, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Maya A. KHAN, D.Sc. (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, D.Sc. (Med.), Professor, National Medical Research Center for Treatment and Rehabilitation Center, Moscow, Russia

Vladimir V. KHRAMOV, D.Sc. (Med.), Professor, V.I. Razumovskiy Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Maxim Yu. YAKOVLEV, D.Sc. (Med.), National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

Alexander V. YASHKOV, D.Sc. (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

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

Christian F. ROQUES, Professor, Paul Sabatier University — Toulouse III, Toulouse, National Academy of Medicine, Paris, France

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

CHAIRS OF THE EDITORIAL COUNCIL

Larisa A. MARCHENKOVA, D.Sc. (Med.), 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 the Russian Academy of Sciences, D.Sc. (Med.), Professor, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

Tatyana T. BATISHEVA, D.Sc. (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, D.Sc. (Med.), Professor, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia

Igor V. BUKHTIYAROV, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, D.Sc. (Med.), Professor, Izmerov Research Institute of Occupational Medicine, Moscow, Russia

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

Mikhail D. DIDUR, D.Sc. (Med.), Professor, N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

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

Galina E. IVANOVA, D.Sc. (Med.), Professor, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

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

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

Natalya G. MOKRYSHEVA, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, D.Sc. (Med.), Professor, National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow, Russia

Igor A. NARKEVICH, D.Sc. (Pharm.), Professor, St. Petersburg State Chemical Pharmaceutical Academy, St. Petersburg, Russia

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

Gennady G. ONISHCHENKO, Academician of the Russian Academy of Sciences, D.Sc. (Med.), Professor, Russian Academy of Education, Moscow, Russia

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

Aleksandr N. RAZUMOV, D.Sc. (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, D.Sc. (Med.), Professor, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

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

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

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

EDITORIAL OFFICE

SCIENTIFIC EDITOR

Tatiana V. APKHANOVA, D.Sc. (Med.), National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

MANAGING EDITOR

Elena S. EFREMOVA, Ph.D. (Philol.), National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

TECHNICAL EDITOR

Tatyana P. MYLOYKOVICH, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

TRANSLATORS

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

Viktor P. BULATOV, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia



OWNER and PUBLISHER

National Medical Research Center
for Rehabilitation and Balneology,
Moscow, Russia
<https://nmicrk.ru/>



SPONSOR

National Association of Experts
in Spa Treatment, Moscow, Russia
<https://sankur.expert/>

EDITORIAL OFFICE 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

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 28.10.2022.

Signed to print on 14.06.2025.
Published 21.06.2025.
640x900 1/8 format.
Coated paper 115 g/m².
Offset printing.
Circulation 1000 copies. Order No. 20250421.

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.RU, ROAD, Google Scholar,
Ulrich's Periodicals Directory, Russian State Library,
SHERPA RoMEO, Portico.

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.

The Journal is distributed throughout the
territory of the Russian Federation. Free price.
The Journal was typeset and printed
in "PRACTICAL MEDICINE" LLC
1-i Kotlyakovskii per. 3, Moskva, 115201,
Russia P.O. box 20, Moscow, 115516, Russia.
Tel.: +7 (495) 324-93-29
E-mail: medprint@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

СТАТЬИ

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	8
Оптимизация сроков санаторно-курортного лечения у пациентов с артериальной гипертензией и повышенной метеочувствительностью: проспективное исследование Князева Т.А., Гришечкина И.А., Яковлев М.Ю., Вальцева Е.А., Никитин М.В., Абрамова Б.Ю., Чернов А.В.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	18
Опыт применения гипоксического кондиционирования в программах реабилитации пациентов с хроническими профессиональными заболеваниями легких: пилотное исследование Чжан С., Ачкасов Е.Е., Дудник Е.Н., Румянцева О., Глазачев О.С.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	29
Модификация и характеристика биофункциональных свойств коллагенсодержащих ксерогелей медицинского назначения: результаты экспериментального исследования Ерёмин П.С., Рожкова Е.А., Марков П.А.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	38
Результативная схема последовательного применения курсов электростимуляции при дорсопатиях: результаты сравнительного исследования Кончугова Т.В., Агасаров Л.Г., Апханова Т.В., Марфина Т.В., Милойкович Т.П., Мухина А.А.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	45
Особенности вегетативного обеспечения сердечной деятельности у волейболистов с нарушением слуха: продольное сравнительное исследование Максимова А.С., Литовченко О.Г.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	54
Эффективность беговой дорожки с использованием транскутанной электрической нервной стимуляции при заболеваниях периферических артерий: рандомизированное контролируемое исследование Абдельазим Х.К., Абдельхади А.А., Шакур А.А., Хабиб А.Х.И., Эль-Сайед М.М.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	66
Функциональная магнитно-резонансная томография в прогнозировании результатов реабилитации после инсульта: экспериментальное клиническое исследование Погонченкова И.В., Костенко Е.В., Кашежев А.Г., Петрова Л.В.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	77
Анализ результатов анкетного опроса врачей и клинических психологов по соматовегетативным симптомам стресса Кузюкова А.А., Левченко Н.А., Марченкова Л.А.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	94
Применение спектральной фототерапии в лечении пациентов с ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна: проспективное исследование Жигжитов Б.А., Марченкова Л.А., Князьков В.Б., Лебедева Д.Д., Агасаров Л.Г.	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	102
Перспективы применения нейроразвивающей терапии в медицинской реабилитации детей с перинатальным поражением центральной нервной системы: обзор Хан М.А., Костенко Е.В., Микитченко Н.А., Дегтярева М.Г., Шунгарова З.Х.	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	113
Физическая реабилитация для коррекции диастаза у женщин после родов средствами лечебной физической культуры: обзор Гукасян М.Х., Бакай И.Н.	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	123
Нейротрофические факторы как маркеры восстановления после инсульта: обзор Костенко Е.В., Петрова Л.В., Егоров П.Д., Погонченкова И.В., Филиппов М.С.	
ДИССЕРТАЦИОННАЯ ОРБИТА	140
Применение чрескожной электронейростимуляции на II этапе медицинской реабилитации при ишемическом инсульте: контролируемое рандомизированное исследование Бергер А.Б., Кончугова Т.В.	
В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ	147
Памяти Детелины Борисовны Кульчицкой	

CONTENTS

ARTICLES	
ORIGINAL ARTICLE	8
Optimising the Timing of Health Resort Treatment in Patients with Arterial Hypertension and Increased Meteosensitivity: a Prospective Study Tatyana A. Knyazeva, Irina A. Grishechkina, Maksim Yu. Yakovlev, Elena A. Valtseva, Mikhail V. Nikitin, Berta Yu. Abramova, Alexey V. Chernov	
ORIGINAL ARTICLE	18
Experience of Hypoxic Conditioning in Rehabilitation Programs for Patients with Chronic Occupational Lung Diseases: a Pilot Study Xinliang Zhang, Evgeny E. Achkasov, Elena N. Dudnik, Olga I. Rumyantseva, Oleg S. Glazachev	
ORIGINAL ARTICLE	29
Modification and Characteristics of Biofunctional Properties of Collagen-Containing Xerogels for Medical Purposes: Results of the Experimental Study Petr S. Eremin, Elena A. Rozhkova, Pavel A. Markov	
ORIGINAL ARTICLE	38
Effective Scheme of Sequential Application of Electrical Stimulation Courses in Dorsopathies: Comparative Study Results Tatiana V. Konchugova, Lev G. Agasarov, Tatiana V. Apkhanova, Tatyana V. Marfina, Tatiana P. Miloykovich, Anastasiya A. Mukhina	
ORIGINAL ARTICLE	45
Special Aspects of Vegetative Support of Cardiac Activity in Volleyball Players with Hearing Impairment: a Longitudinal Comparative Study Anna S. Maksimova, Olga G. Litovchenko	
ORIGINAL ARTICLE	54
Treadmill with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Impact on Peak Velocity in Peripheral Arterial Disease: a Randomized Controlled Trial Hadeer K. Abdelazim, Azza A. Abdelhady, Ahmed A. Shaker, Asmaa H.I. Habib, Marwa M. Elsayed	
ORIGINAL ARTICLE	66
Functional Magnetic Resonance Imaging in Predicting Post-Stroke Rehabilitation Outcomes: a Pilot Clinical Study Irena V. Pogonchenkova, Elena V. Kostenko, Alim G. Kashezhev, Liudmila V. Petrova	
ORIGINAL ARTICLE	77
Analysis of the Results of a Questionnaire Survey of Doctors and Clinical Psychologists on Somatovegetative Symptoms of Stress Anna A. Kuzukova, Natalia A. Levchenko, Larisa A. Marchenkova	
ORIGINAL ARTICLE	94
Application of Spectral Phototherapy in the Treatment of Patients with Ronchopathy and Obstructive Sleep Apnea Syndrome: a Prospective Study Bair A. Zhigzhitov, Larisa A. Marchenkova, Vladimir B. Knyazkov, Daria D. Lebedeva, Lev G. Agasarov	
REVIEW	102
Outlook for the Use of Neurodevelopmental Therapy in Children with Perinatal Central Nervous System Damage: a Review Maya A. Khan, Elena V. Kostenko, Natalya A. Mikitchenko, Maria G. Degtyareva, Zareta Kh. Shungarova	
REVIEW	113
Physical Rehabilitation for the Correction in Diastasis Postpartum Women through Exercise Therapy: a Review Marine Kh. Ghukasyan, Irina N. Bakay	
REVIEW	123
Neurotrophic Factors as Markers of Stroke Recovery: a Review Elena V. Kostenko, Liudmila V. Petrova, Pavel D. Egorov, Irena V. Pogonchenkova, Maxim S. Filippov	
DISSERTATION ORBIT	140
Transcutaneous Electrical Neurostimulation at the Second Stage of Medical Rehabilitation in Ischemic Stroke: a Controlled Randomized Study Alexander B. Berger, Tatiana V. Konchugova	
IN THE FOCUS OF ATTENTION	147
In Memory of Detelina B. Kulchitskaya	

Оптимизация сроков санаторно-курортного лечения у пациентов с артериальной гипертензией и повышенной метеочувствительностью: проспективное исследование

id Князева Т.А.^{1,*}, id Гришечкина И.А.¹, id Яковлев М.Ю.^{1,2}, id Вальцева Е.А.³,
id Никитин М.В.¹, id Абрамова Б.Ю.⁴, id Чернов А.В.⁵

¹ Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации курортологии Минздрава России, Москва, Россия

² Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, Россия

³ Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора, Мытищи, Россия

⁴ Фонд «Экология, здоровье и качество жизни человека», Москва, Россия

⁵ Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Артериальная гипертензия (АГ) относится к социально-значимым заболеваниям. Значительная часть пациентов с АГ является метеочувствительной, что существенно утяжеляет течение основного заболевания.

ЦЕЛЬ. Разработать программы восстановления функционального состояния и адаптационных возможностей пациентов с АГ и повышенной метеочувствительностью с целью оптимизации сроков их санаторно-курортного лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведено наблюдательное проспективное клиническое сравнительное исследование 129 пациентов в возрасте 62 [56; 68] лет в течение 12 дней. Пациенты были разделены на 3 группы. Все пациенты получали общие хлоридно-натриевые ванны, газовоздушные углекислые ванны, аппликации парафанго, гипербарическую оксигенацию, лечебную гимнастику, когнитивно-поведенческую терапию, постоянную гипотензивную медикаментозную терапию. Дополнительно первая группа пациентов получала дозированную аэротерапию совместно с лечебной гимнастикой, вторая группа — дыхательную гимнастику по методу Стрельниковой. До и после курса лечения оценивались показатели антропометрии, периферической гемодинамики, вариабельности сердечного ритма и психофизиологическое состояние пациентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. После окончания лечения статистически значимые различия получены во всех группах пациентов по снижению уровня систолического артериального давления (АД) и повышению баллов шкалы «Самочувствие» теста «Самочувствие, активность, настроение» (САН) (по критерию Вилкоксона, $p < 0,05$). У первой группы пациентов после лечения статистически достоверно отмечено снижение повышенного пульсового АД, частоты сердечных сокращений (ЧСС), интегральных и частотных показателей вариабельности сердечного ритма (RMSSD, SDNN, LW, ИН, ПАРС) (по критерию Вилкоксона, $p < 0,05$). Выявлены статистически значимые различия между первой и третьей группой по уровню снижения исходно повышенного систолического (U = 54,0; $p = 0,02$) и пульсового АД (U = 55,5; $p = 0,023$), ЧСС (U = 56,0; $p = 0,037$), показателям RMSSD, SDNN, LF, ИН, ПАРС (U = 13,0, $p = 0,048$; U = 34,2, $p = 0,033$; U = 13,0, $p = 0,048$; U = 0,0, $p = 0,02$; U = 48,0, $p = 0,033$, соответственно), шкале «Самочувствие» опросника САН (U = 50,0, $p = 0,043$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Показана эффективность применения программы немедикаментозного лечения АГ с повышенной метеочувствительностью, включающей процедуры аэротерапии и лечебной гимнастики, позволяющие оптимизировать сроки лечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аэротерапия, физические упражнения, метеочувствительность, гипертоническая болезнь, артериальное давление

Для цитирования / For citation: Князева Т.А., Гришечкина И.А., Яковлев М.Ю., Вальцева Е.А., Никитин М.В., Абрамова Б.Ю., Чернов А.В. Оптимизация сроков санаторно-курортного лечения у пациентов с артериальной гипертензией и повышенной метеочувствительностью: проспективное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):8–17. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-8-17> [Knyazeva T.A., Grishechkina I.A., Yakovlev M.Yu., Valtseva E.A., Nikitin M.V., Abramova B. Yu., Chernov A.V. Optimising the Timing of Health Resort Treatment in Patients with Arterial Hypertension and Increased Meteosensitivity: a Prospective Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):8–17. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-8-17> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Князева Татьяна Александровна, E-mail: knyazevata@nmicr.ru

Статья получена: 28.02.2025

Статья принята к печати: 22.04.2025

Статья опубликована: 16.06.2025

Optimising the Timing of Health Resort Treatment in Patients with Arterial Hypertension and Increased Meteosensitivity: a Prospective Study

 Tatyana A. Knyazeva^{1,*},  Irina A. Grishechkina¹,  Maksim Yu. Yakovlev^{1,2},
 Elena A. Valtseva³,  Mikhail V. Nikitin¹,  Berta Yu. Abramova⁴,  Alexey V. Chernov⁵

¹ National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

³ F.F. Erisman Federal Scientific Centre of Hygiene, Mytishchi, Russia

⁴ Ecology, Health and Quality of Human Life Foundation, Moscow, Russia

⁵ Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Arterial hypertension (AH) is a socially significant disease. A significant proportion of patients with AH are weather-sensitive, which significantly aggravates the course of the underlying disease.

AIM. To develop programs for restoring the functional state and adaptive capabilities of patients with arterial hypertension and increased weather sensitivity in order to optimize the duration of their spa treatment.

MATERIALS AND METHODS. An observational prospective clinical comparative study of 129 patients aged 62 [56; 68] years was conducted for 12 days. The patients were divided into 3 groups. All patients received general sodium chloride baths, gas-air carbon dioxide baths, parafango applications, hyperbaric oxygenation, therapeutic exercises, cognitive-behavioral therapy, and continuous hypotensive drug therapy. Additionally, the first group of patients received dosed aerotherapy together with therapeutic exercises, and the second group received paradoxical breathing exercises using the Strelnikova method. Before and after the course of treatment, anthropometry, peripheral hemodynamics, heart rate variability, and the psychophysiological state of the patients were assessed.

RESULTS AND DISCUSSION. After completion of treatment, statistically significant differences were obtained in all groups of patients in terms of a decrease in systolic blood pressure (SBP) and an increase in the Well-Being scale scores of the SAN test (according to the Wilcoxon test, $p < 0.05$). In the first group of patients, after treatment, a statistically significant decrease in elevated pulse pressure, heart rate (HR), integral and frequency indices of heart rate variability (RMSSD, SDNN, LW, IN, PARS) was observed (according to the Wilcoxon test, $p < 0.05$). Statistically significant differences were revealed between the first and third groups in the level of reduction of initially elevated systolic ($U = 54.0, p = 0.02$) and pulse BP ($U = 55.5, p = 0.023$), HR ($U = 56.0, p = 0.037$), RMSSD, SDNN, LW, IN, PARS ($U = 13.0, p = 0.048$; $U = 34.2, p = 0.033$; $U = 13.0, p = 0.048$; $U = 0.0, p = 0.02$; $U = 48.0, p = 0.033$, respectively), and the Well-Being scale of the SAN questionnaire ($U = 50.0, p = 0.043$).

CONCLUSION. The study has shown the effectiveness of non-drug treatment programme for AH with increased meteosensitivity, including procedures of aerotherapy and exercise therapy, allowing to optimize the terms of health-resort treatment.

KEYWORDS: aerotherapy, physical exercise, meteosensitivity, hypertension, blood pressure

For citation: Knyazeva T.A., Grishechkina I.A., Yakovlev M.Yu., Valtseva E.A., Nikitin M.V., Abramova B.Yu., Chernov A.V. Optimising the Timing of Health Resort Treatment in Patients with Arterial Hypertension and Increased Meteosensitivity: a Prospective Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):8–17. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-8-17> (In Russ.).

* **For correspondence:** Tatyana A. Knyazeva, E-mail: knyazevata@nmcirk.ru

Received: 28.02.2025

Accepted: 22.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Распространенность артериальной гипертензии (АГ) в Российской Федерации по данным исследования ЭССЕ-РФ в 2017–2019 гг. составила 44,2 % [1–3]. АГ является одним из основных факторов риска смерти от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), а также основным модифицируемым фактором риска ССЗ у кардиологических пациентов [4–6].

Изучение ассоциаций метеочувствительности и полезней системы кровообращения (БСК) [7–9] выявили их высокий уровень [10, 11]. Достоверная зависимость состояния пациентов с БСК от метеорологических факторов зарегистрирована в различных природно-климатических зонах нашей страны [12–14]. При этом наиболее ассоциирована с развитием метеопатических реакций АГ [11].

К известным механизмам влияния погодных факторов на больных с ССЗ относятся изменения уровня арте-

риального давления (АД) [15] и вариабельности сердечного ритма (ВСР) [16]. Кроме того, погодные факторы могут создавать препятствия для поддержания необходимого уровня физической нагрузки у пациентов с АГ [17].

В связи с этим особую актуальность приобретает разработка профилактических программ, направленных как на немедикаментозную коррекцию не только пациентов с АГ, но и метеозависимых пациентов с АГ [18], лечение которых, как правило, требует увеличения времени нахождения пациента в санаторно-курортной организации.

ЦЕЛЬ

Разработать программы восстановления функционального состояния и адаптационных возможностей пациентов с АГ и повышенной метеочувствительностью с целью оптимизации сроков их санаторно-курортного лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

На базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации курортологии» Минздрава России (далее — Центр) с 1 января 2022 г. по 31 августа 2023 г. проведено проспективное сравнительное клиническое исследование 129 пациентов в возрасте 62 [56; 68] лет с АГ и повышенной метеочувствительностью. Общая продолжительность санаторно-курортного лечения составила 12 дней. В зависимости от набора методик, входящих в состав программы санаторно-курортного лечения, обследуемые были распределены на 3 группы наблюдения:

Группа сравнения I — 43 пациента, получавших разработанную комплексную программу лечения: дозированную аэротерапию по щадяще-тренирующему режиму совместно с лечебной гимнастикой по методике при заболеваниях сердца и перикарда в течение 30 минут ежедневно на фоне базовой программы лечения.

Группа сравнения II — 42 пациента, получавших парадоксальный метод оздоровления и общего укрепления организма, лечения заболеваний органов дыхания путем восстановления нормального дыхания через нос с вовлечением дыхательных мышц всего организма (дыхательная гимнастика по методу Стрельниковой); длительность сеанса составила 30 минут, курс состоял из 6 процедур на фоне базовой программы лечения.

Контрольная группа — 44 пациента, получавшие базовую программу лечения, включающую общие ванны с хлоридной натриевой минеральной водой с концентрацией от 5 г/л, температурой 35–37 °C, продолжительностью 10 минут, через день, (6 процедур); газозвушными углекислыми ваннами при температуре 28–32 °C, с содержанием углекислого газа 30–60 объемных процентов, продолжительностью процедур 15 минут (10 процедур); аппликации парафанго на шейно-воротниковую зону, 10 минут (6 процедур); гипербарическую оксигенацию (10 процедур); лечебную гимнастику по методике при заболеваниях сердца (10 процедур) и 2 сеанса когнитивно-поведенческой терапии.

Все пациенты получали индивидуально подобранную медикаментозную гипотензивную терапию.

Критерии включения:

- мужчины и женщины в возрасте 50–75 лет с повышенной метеочувствительностью и установленным диагнозом «Артериальная гипертензия» [15];
- пациенты, подлежащие направлению на санаторно-курортное лечение¹;
- письменное информированное согласие пациента.

Критерии не включения:

- наличие прогностически неблагоприятных нарушений ритма сердца (класс III и выше по Lown);
- наличие тяжелой сердечной недостаточности (хроническая сердечная недостаточность II класса и выше, функциональный класс III и выше);
- наличие в анамнезе инфаркта миокарда; ишемического или геморрагического инсульта в течение 6 месяцев до включения в исследование;
- неконтролируемая АГ с уровнем АД 160/100 мм рт. ст. и выше в течение месяца до включения в исследование;
- отсутствие готовности к сотрудничеству со стороны пациентов, влияющее на результаты исследования;
- участие в другом клиническом исследовании.

У всех пациентов, принимавших участие в исследовании, в первый и последний день пребывания в Центре был проведен общеклинический осмотр (измерение роста, веса, объема талии и бедер). Далее изучены состав тела биоимпедансным методом («ДИАМАНТ-АИСТ», Россия), показатели гемодинамики, насыщение кислородом капиллярной крови, вариабельности сердечного ритма (ВСР) («Варикард 2.6», Россия) и психоэмоциональное состояние пациентов (опросник САН) и проведено анкетирование по выраженности жалоб на плохое самочувствие по авторской анкете.

Исследование было запланировано и проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией в редакции 2013 г. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом Центра (протокол № 4 от 15.04.2021). Информированное согласие подписано всеми пациентами, участвовавшими в исследовании.

Статистическая обработка данных включала методы описательной статистики. Проверка выборок на подчинение нормальному закону распределения проводилась по критерию Шапиро — Уилка, количественные данные анализировались с использованием непараметрических критериев, средние значения представлены в виде $Me [Q_1; Q_3]$. Сравнительный анализ количественных величин в двух зависимых группах осуществлялся с применением критерия Вилкоксона, а анализ межгрупповых различий в независимых группах — с применением критерием Манна — Уитни. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты общеклинического осмотра и анализа состава тела в трех группах пациентов, получивших разные программы немедикаментозного лечения АГ, статистически значимых изменений по окончании курса не выявили. Была отмечена лишь тенденция к положительной динамике состава тела по показателям массы тела, индекса массы тела, отношения окружности талии к окружности бедер, жировой массы. В то же время активная клеточная масса имела тенденцию к небольшому увеличению во всех группах пациентов.

Результаты анализа гемодинамических характеристик кровотока в группах пациентов представлены в таблице 1.

По результатам анализа выявлена положительная динамика показателей во всех группах пациен-

1 Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 27 марта 2024 г. № 143н «Об утверждении классификации природных лечебных ресурсов, указанных в пункте 2 статьи 2.1 федерального закона от 23 февраля 1995 г. № 26-ФЗ «О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах», их характеристик и перечня медицинских показаний и противопоказаний для санаторно-курортного лечения, и медицинской реабилитации с применением таких природных лечебных ресурсов»

тов (табл. 2). Исходно повышенное систолическое АД по окончании курса немедикаментозного лечения статистически достоверно снизилось во всех группах пациентов. Статистически значимые изменения выявлены в группе пациентов, получивших лечебную гимнастику в сочетании с аэротерапией, и по другим показателям: исходно повышенному систолическому ($U = 54,0, p = 0,02$) и пульсовому ($U = 55,0, p = 0,023$) АД, ЧСС ($U = 56,0, p = 0,037$). Вместе с тем по описанным ранее показателям группа сравнения I достоверно отличалась от группы пациентов, получавших базовую

программу медицинской реабилитации (контрольная группа) ($p < 0,05$ по критерию Манна — Уитни).

У пациентов во всех исследуемых группах была отмечена тенденция к повышению уровня насыщения крови кислородом, увеличению сердечного индекса, достигшего нормативных значений, и уменьшению вегетативного индекса Кердо.

В таблице 3 представлены результаты изменения временных и частотных показателей ВСР, а также расчетные индекс напряжения (ИН) и показатель активности регуляторов систем (ПАРС).

Таблица 1. Изменения показателей гемодинамики до и после курса лечения у пациентов, получавших разные программы санаторно-курортного лечения, Me [Q1; Q3]
Table 1. Changes in hemodynamic parameters before and after the course of treatment in patients who received different spa treatment programs, Me [Q1; Q3]

Показатели / Index	Группа сравнения I / Comparison group I		Группа сравнения II / Comparison II		Контрольная группа III / Control group III	
	до начала лечения / before treatment	после лечения / after treatment	до начала лечения / before treatment	после лечения / after treatment	до начала лечения / before treatment	после лечения / after treatment
Уровень насыщения крови кислородом (SpO ₂), % / Blood oxygen saturation level (SpO ₂), %	95 [93; 95]	97 [95; 98]	95 [94; 95]	96 [95; 98]	94 [94; 95]	95 [94; 97]
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст. / Systolic blood pressure, mmHg	137 [128; 142]	126 [124; 133]*.**	139 [127; 142]	128 [125; 136]*	139 [129; 143]	130 [128; 137]*
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст. / Diastolic blood pressure, mmHg	87 [83; 91]	84 [81; 87]	88 [83; 90]	84 [79; 89]	87 [84; 89]	85 [80; 88]
Пульсовое артериальное давление, мм рт. ст. / Pulse blood pressure, mmHg.	64 [52; 67]	49 [44; 57]*.**	63 [54; 65]	59 [43; 61]	64 [53; 59]	58 [46; 59]
Частота сердечных сокращений, уд./мин / Heart rate, bpm	95 [87; 99]	84 [81; 89]*.**	95 [86; 100]	85 [82; 90]	94 [87; 99]	85 [83; 94]
Сердечный индекс, л/мин·м ² / Cardiac index, l/min·m ²	2,8 [2,3; 3,6]	3,8 [3,2; 4]	2,75 [2,35; 3,8]	3,7 [3; 4]	2,77 [2,27; 3,77]	3,71 [3,1; 4,2]
Вегетативный индекс Кердо, % / Kerdo Vegetative Index, %	7 [4; 9]	2 [2,1; 4]	8 [4,5; 9]	3 [2; 5]	7,5 [5,8; 8]	3 [2,4; 5]

Примечание: Данные представлены в виде медианы (Me), первого и третьего квартилей [Q1; Q3]. Анализ различий до и после лечения произведен по критерию Вилкоксона, * — $p < 0,05$. Анализ межгрупповых различий выполнен по критерию Манна — Уитни, ** — $p < 0,05$.
Note: Data are presented as median (Me), first and third quartiles [Q1; Q3]. The analysis of differences before and after the end of the treatment was carried out using the Wilcoxon test, * — $p < 0.05$. The analysis of intergroup differences was carried out using the Mann — Whitney test, ** — $p < 0.05$.

Таблица 2. Динамика показателей вариабельности сердечного ритма до и после курса лечения у пациентов, получавших разные программы санаторно-курортного лечения

Table 2. Dynamics of heart rate variability indices before and after the course of treatment in patients who received different spa treatment programs

Показатели / Index	Группа сравнения I / Comparison group I		Группа сравнения II / Comparison group II		Контрольная группа III / Control group III	
	до начала лечения / before treatment	после лечения / after treatment	до начала лечения / before treatment	после лечения / after treatment	до начала лечения / before treatment	после лечения / after treatment
RMSSD, мс	27 [23; 34]	36 [29; 41]*,**	26 [24; 36]	38 [29; 42]	30 [27; 38]	35 [28; 40]
SDNN, мс	69 [53; 92]	140 [100; 157]*,**	68 [52; 90]	140 [95; 150]	69 [54; 91]	131 [87; 144]
LF (Low Frequency), мс ²	1620 [1350; 2120]	1390 [1170; 1570]*,**	1480 [1320; 2140]	1480 [1315; 1530]	1595 [1337; 2100]	1487 [1320; 1600]
HF (High Frequency), мс ²	900 [810; 1050]	970 [830; 990]	917 [825; 1000]	960 [820; 970]	916 [810; 1030]	950 [800; 945]
LF / HF	2,9 [2,4; 3,05]	1,54 [1,3; 1,71]	2,9 [2,35; 3,1]	1,67 [1,4; 1,77]	2,87 [2,4; 3,1]	1,7 [1,49; 1,82]
Индекс напряжения регуляторов систем, баллы / Voltage index of system regulators, points	450 [268; 880]	257 [177; 270]*,**	447 [277; 870]	355 [205; 367]	445 [269; 870]	369 [230; 400]
Показатель активности регуляторных систем, усл. ед. / Activity index of regulatory systems, con. units	7 [5; 8]	4 [3; 5]*,**	7 [6; 8]	5 [4; 6]	7 [5; 8]	6 [4; 7]

Примечание: Данные представлены в виде медианы (Me), первого и третьего квартилей [Q1; Q3]. Анализ различий до и после окончания лечения произведен по критерию Вилкоксона, * — $p < 0,05$. Анализ межгрупповых различий выполнен по критерию Манна — Уитни, ** — $p < 0,05$.

Note: Data are presented as median (Me), first and third quartiles [Q1; Q3]. The analysis of differences before and after the end of treatment was carried out using the Wilcoxon test, * — $p < 0.05$. The analysis of intergroup differences was carried out using the Mann-Whitney test, ** — $p < 0.05$.

Как видно из таблицы 2, у пациентов во всех изучаемых группах после окончания курса лечения наблюдается рост значений показателей ВСР, характеризующих активацию парасимпатического звена вегетативной регуляции системы кровообращения. Однако статистически значимые изменения по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$) выявлены только в группе сравнения I по следующим показателям: увеличение RMSSD и SDNN, снижение мощности низкочастотной составляющей спектра (LF), ИН и ПАРС. При этом после проведения курсов лечения в группах сравнения и контрольной группе значение отношения индексов медленных волн первого порядка и дыхательных волн (LF/HF) снизилось, показав нормальный вегетативный баланс ($1,5 \leq \text{LF/HF} < 2,5$).

У пациентов, получавших лечебную гимнастику в сочетании с аэротерапией на фоне базовой программы медицинской реабилитации, ИН достоверно снизился

до 257 [177; 270] ($p < 0,05$ по критерию Вилкоксона), перейдя из выраженного в умеренное напряжение регуляторных систем ($150 \leq \text{ИН} < 300$), снизился ПАРС.

Отмечается более высокая эффективность применения комплексной программы, включавшей лечебную гимнастику в сочетании с аэротерапией в группе сравнения I по сравнению с контрольной группой по временным показателям (RMSSD [$U = 13,0$, $p = 0,048$], SDNN [$U = 34,2$, $p = 0,033$]) и низкочастотной составляющей спектра (LF) ($U = 13,0$, $p = 0,048$), ВСР, ИН ($U = 0,0$, $p = 0,02$) и ПАРС ($U = 48,0$, $p = 0,033$).

Для оценки психоэмоционального состояния пациентов до и после проведения различных программ реабилитации применяли опросник САН, а также рассчитывали интегральный показатель самооценки здоровья при использовании стандартного опросника о выраженности жалоб на плохое самочувствие. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. Динамика психоэмоционального состояния пациентов до и после получения разных программ санаторно-курортного лечения, Me [Q1; Q3]

Table 3. Dynamics of the psycho-emotional state of patients before and after receiving different medical spa treatment programs, Me [Q1; Q3]

Показатели / Index	Группа сравнения I / Comparison group I		Группа сравнения II / Comparison group II		Контрольная группа III / Control group III	
	до начала лечения / before treatment	после лечения / after treatment	до начала лечения / before treatment	после лечения / after treatment	до начала лечения / before treatment	после лечения / after treatment
Интегральный показатель самооценки здоровья, усл. ед. / Integral indicator of self-assessment of health, con. units	0,92 [0,68; 3,2]	5,9 [2,15; 7,3]*,**	0,8 [0,69; 3,1]	2,71 [1; 3,8]	0,9 [0,7; 3,3]	2,65 [1; 3,7]
Самочувствие, баллы / Well-being, scores	3,6 [2,71; 4,1]	4,4 [3,2; 6,1]*,**	3,54 [2,69; 4,2]	3,87 [3,1; 5,1]*	3,55 [2,7; 4]	3,7 [3,2; 5,2]*
Активность, баллы / Activity, scores	3,3 [2,9; 4,1]	4 [3,6; 4,8]	3,41 [2,83; 4]	3,75 [3,46; 4,61]	3,4 [2,9; 4]	3,6 [3,4; 4,5]
Настроение, баллы / Mood, scores	3,65 [2,9; 3,95]	4,3 [3,8; 4,7]	3,6 [2,87; 4]	4,2 [3,65; 4,47]	3,6 [2,91; 3,9]	4,2 [3,6; 4,4]

Примечание: Данные представлены в виде медианы (Me), первого и третьего квартилей [Q1; Q3]. Анализ различий до и после окончания лечения произведен по критерию Вилкоксона, * — $p < 0,05$. Анализ межгрупповых различий выполнен по критерию Манна — Уитни, ** — $p < 0,05$.

Note: Data are presented as median (Me), first and third quartiles [Q1; Q3]. The analysis of differences before and after the end of treatment was carried out using the Wilcoxon test, * — $p < 0.05$. The analysis of intergroup differences was carried out using the Mann — Whitney test, ** — $p < 0.05$.

По результатам субъективной оценки (табл. 3) пациентов во всех группах после лечения повысились показатели психоэмоционального состояния. Статистически значимые различия были обнаружены по интегральному показателю самооценки здоровья во всех группах пациентов ($p < 0,05$, по критерию Вилкоксона), а по показателю самочувствия теста САН — только в группе сравнения I. Интегральный показатель самооценки здоровья и самочувствия по тесту САН у пациентов группы сравнения I после окончания лечения достоверно превышает аналогичные показатели у пациентов контрольной группы ($U = 50,0$, $p = 0,043$).

Таким образом, статистически значимые различия после лечения были получены во всех группах пациентов по снижению уровня систолического АД и повышению баллов шкалы «Самочувствие» теста САН ($p < 0,05$, по критерию Вилкоксона). В группе сравнения I после лечения статистически достоверно отмечено снижение пульсового АД, ЧСС, интегральных и частотных показателей BCP (RMSSD, SDNN, LF, ИН, ПАРС). Выявлены статистически значимые различия между контрольной группой и группой сравнения I по уровню систолического и пульсового АД, ЧСС, показателям RMSSD, SDNN, LF, ИН, ПАРС, шкале «Самочувствие» опросника САН.

К основным методам лечения пациентов с АГ относят дозированные физические нагрузки, обучение модификации образа жизни, диетотерапию, психотерапию, медикаментозное и хирургическое лечение [19]. При этом физические тренировки рассматриваются как основа

программ немедикаментозного лечения, поскольку включение физических упражнений в их состав позволяет корректировать факторы риска ССЗ (уровень воспаления, дислипидемию, массу тела), снижать уровень АД за счет эффекта посттренировочной гипотензии, повышать толерантность к физической нагрузке и улучшать качество жизни пациентов [20].

На организм человека ежедневно влияет комплекс гео-, гелиофизических и метеорологических факторов, и у части пациентов они вызывают метеопатические реакции, возникновение которых обусловлено как внешними факторами, так и функциональным состоянием организма человека и требуют увеличения сроков санаторно-курортного лечения. Механизм развития метеопатических реакций организма у пациентов с АГ до конца не изучен. Рядом авторов была изучена и подтверждена роль функциональных резервов организма в формировании метеочувствительности у пациентов с БСК [11, 21, 22] и определена роль погодных и геофизических внешних факторов, в том числе «душных» погод в формировании ее симптомов [9, 10, 14, 18, 23].

Адаптация и компенсаторные реакции, возникающие у пациентов при пребывании в санаторно-курортной организации, также зависят от индивидуальных особенностей организма (адаптационного потенциала), могут быть физиологическими или носить патологический характер. В связи с этим активное бальнеолечение, некоторые виды физиотерапии или ЛФК нежелательны или противопоказаны в первые дни пребывания в сана-

тории для ряда пациентов. Состояние функциональных резервов организма (определяемое как интегральный показатель нескольких параметров гемодинамики, ВСР и психоэмоционального состояния пациента) как его способность адаптироваться к постоянно изменяющимся условиям окружающей среды, рассматривается как фактор риска возникновения, неблагоприятного течения и прогрессирования большинства заболеваний или более легкой адаптации к новым условиям пребывания [19].

В данном исследовании мы провели оценку изменений показателей гемодинамики, ВСР и психоэмоционального состояния у пациентов в трех группах, проходивших комплексное немедикаментозное лечение с включением разных методик у пациентов с АГ и повышенной метеочувствительностью.

Выявлены положительные изменения показателей ВСР во всех группах, но статистически значимые — только в группе сравнения I у пациентов, получавших лечебную гимнастику в сочетании с аэротерапией на фоне базовой программы немедикаментозного лечения. У пациентов этой группы после получения курса лечения как по временным, так и частотным показателям обнаружена достоверная активация парасимпатического звена вегетативной регуляции системы кровообращения и рост влияния дыхания на ритм сердца, что и подтверждается снижением систолического и пульсового АД, ЧСС и расчетным вегетативным индексом Кердо. Кроме того, выраженное напряжение регуляторных систем организма по показателям ИН и ПАРС у пациентов этой группы снизилось до умеренного, а следовательно, повысились адаптационные возможности организма при воздействии различных факторов, в том числе изменений климатопогодных условий.

В целом повышение адаптационных возможностей и улучшение функционального состояния пациентов с АГ и повышенной метеочувствительностью при применении программы немедикаментозного лечения, полученные в данном исследовании, включающей лечебную гимнастику и дозированную аэротерапию, по-

зволяет оптимизировать санаторно-курортное лечение пациентов с АГ и повышенной метеочувствительностью и добиться выздоровления в стандартные сроки нахождения в санаторно-курортных учреждениях.

Достоинством нашего исследования является разработка и изучение эффективности метода реабилитации пациентов с АГ и повышенной метеочувствительностью, включавшего аэротерапию и дозированные физические нагрузки, как метода, наиболее полно влияющего на известные механизмы метеочувствительности.

К недостаткам нашего исследования можно отнести отсутствие периода изучения отдаленных последствий применения курса немедикаментозного лечения, позволяющего оценить влияние метода на общую и сердечно-сосудистую заболеваемость и смертность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного нами исследования была обоснована эффективность применения разработанной программы санаторно-курортного лечения пациентов с АГ и повышенной метеочувствительностью, включающей процедуры дозированной аэротерапии, общие ванны с хлоридно-натриевой минеральной водой, газозооуглекислые ванны, грязевые аппликации, гипербарическую оксигенацию, лечебную гимнастику по методике при заболеваниях сердца и психотерапию на фоне базисной медикаментозной терапии. Основные эффекты данной программы немедикаментозного лечения заключались в коррекции уровня АД, ЧСС, оптимизации центральных регуляторных механизмов, функционального состояния сердечно-сосудистой системы и улучшения психоэмоционального состояния.

Включение разработанной нами программы немедикаментозного лечения АГ и повышенной метеочувствительности в широкую клиническую практику позволит оптимизировать санаторно-курортное лечение данной категории пациентов и добиться выздоровления в стандартные сроки нахождения в санаторно-курортных учреждениях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Князева Татьяна Александровна, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: knyazevata@nmcirk.ru;

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

Гришечкина Ирина Александровна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела изучения механизмов действия физических факторов, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4384-2860>

Яковлев Максим Юрьевич, доктор медицинских наук, заместитель директора по стратегическому развитию медицинской деятельности, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России; профессор кафедры общей гигиены, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5260-8304>

Вальцева Елена Алексеевна, кандидат биологических наук, главный специалист отдела координации и анализа научно-исследовательских работ, Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5468-5381>

Никитин Михаил Владимирович, доктор медицинских наук, доктор экономических наук, директор санаторно-курортного комплекса «Вулан» — научно-клинического филиала Национального медицинского исследовательского центра реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9047-4311>

Абрамова Берта Юрьевна, научный сотрудник фонда «Экология, здоровье и качество жизни человека».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1493-7633>

Чернов Алексей Викторович, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой физической и реабилитационной медицины, гериатрии, Воронежская государственная медицинская академия им. Н.Н. Бурденко.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8462-7270>

Вклад авторов. Авторы данного исследования 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: Князева Т.А. — научное обоснование, методология, проверка и редактирование рукописи, курирование проекта, руководство проектом; Гришечкина И.А. — написание черновика рукописи; Яковлев М.Ю. — научное обоснование, анализ данных; Вальцева Е.А. — программное обеспечение, верификация данных, визуализация; Никитин М.В. — проведение исследования, обеспечение материалов для исследования, курация данных; Абрамова Б.Ю. — анализ данных; Чернов А.В. — финансирование проекта.

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

Конфликт интересов. Яковлев М.Ю. — заместитель директора по стратегическому развитию медицинской деятельности Национального медицинского исследовательского центра реабилитации и курортологии, член редакционной коллегии журнала «Вестник восстановительной медицины»; Никитин М.В. — директор санаторно-курортного комплекса «Вулан» — научно-клинического филиала Национального

медицинского исследовательского центра реабилитации и курортологии Минздрава России, главный внештатный специалист по санаторно-курортному делу Минздрава России, член редакционной коллегии журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

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 при ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России (г. Москва, Россия) (протокол № 4 от 15.04.2021).

Информированное согласие. В исследовании не раскрывается сведений, позволяющих идентифицировать личность пациента(ов). От всех пациентов (законных представителей) было получено письменное согласие на публикацию всей соответствующей медицинской информации, включенной в рукопись.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Tatyana A. Knyazeva, D.Sc. (Med.), Professor, Chief Researcher, Department of Somatic Rehabilitation, Reproductive Health and Active Longevity, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: knyazevata@nmcirk.ru;

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

Irina A. Grishechkina, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Department for Studying the Mechanisms of Action of Physical Factors, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4384-2860>

Maxim Yu. Yakovlev, D.Sc. (Med.), Deputy Director for Strategic Development of Medical Activities, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology; Professor at the Department of General Hygiene, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5260-8304>

Elena A. Valtseva, Ph.D. (Biol.), Leading Researcher, Department for Studying the Mechanisms of Action of Physical Factors, Chief Specialist of the Department of Coordination and Analysis of Scientific Research Work, F.F. Erisman Federal Scientific Centre of Hygiene.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5468-5381>

Michail V. Nikitin, D.Sc. (Med., Econ.), Director of Vulcan sanatorium and resort complex — research and clinical branch of National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9047-4311>

Berta Yu. Abramova, Researcher, Ecology, Health and Quality of Human Life Foundation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1493-7633>

Alexey V. Chernov, D.Sc. (Med.), Head of the Department of Physical and Rehabilitation Medicine, Geriatrics, Voronezh State Medical Academy named after N.N. Burdenko.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8462-7270>

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: Knyazeva T.A. — conceptualization, methodology, writing — review & editing, project administration, Grishechkina I.A. — writing — original draft; Yakovlev M.Yu. — formal analysis, supervision; Valseva E.A. — software; validation, visualization; Nikitin M.V. — investigation, resources, data curation; Abramova B.Yu. — formal analysis; Chernov A.V. — funding acquisition.

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

Disclosure. Yakovlev M.Yu. — Deputy Director for Strategic Development of Medical Activities of the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Member of the Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal; Nikitin M.V. — Director of Vulcan sanatorium and resort complex — research and clinical branch of National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology; Chief External Expert in health resort treatment of the Ministry of Health of the Russian Federation, Member of the Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal. Other 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 National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology) (Moscow, Russia), Protocol No. 4 dated 15.04.2021.

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patients. Written consent was obtained from all patients (legal representatives) for publication of all relevant medical information included in the manuscript.

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

Список литературы / References

1. Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Имаева А.Э. и др. Распространенность артериальной гипертензии, охват лечением и его эффективность в Российской Федерации (данные наблюдательного исследования ЭССЕ-РФ-2). Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. 2019; 15(4): 450–466. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2019-15-4-450-466> [Balanova Yu.A., Shalnova S.A., Imaeva A.E., et al. Prevalence, Awareness, Treatment and Control of Hypertension in Russian Federation (Data of Observational ESSE-RF-2 Study) Rational Pharmacotherapy in Cardiology. 2019; 15(4): 450–466. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2019-15-4-450-466> (In Russ.).]
2. Викторова И.А., Гришечкина И.А., Стасенко В.Л. и др. Эпидемиологическое исследование ЭССЕ-РФ2 в Омской области: вопросы организации и отклик населения. Профилактическая медицина. 2019; 22(5): 85–90. <https://doi.org/10.17116/profmed20192205185> [Viktorova I.A., Grischechkina I.A., Stasenko V.L., et al. The ESSE-RF2 epidemiological study in the Omsk Region: organization issues and the population's response. Russian Journal of Preventive Medicine. 2019; 22(5): 85–90. <https://doi.org/10.17116/profmed20192205185> (In Russ.).]
3. Баланова Ю.А., Куценко В.А., Шальнова С.А., и др. Взаимосвязь избыточного потребления соли, выявляемого по опросу, с уровнем натрия в моче и артериальным давлением (результаты исследования ЭССЕ) Российский кардиологический журнал. 2020; 25(6): 3791. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-3791> [Balanova Yu.A., Kutsenko V.A., Shalnova S.A., et al. Correlation of excess salt intake identified by the survey with urine sodium level and blood pressure: data of ESSE-RF study. Russian Journal of Cardiology. 2020;25(6): 3791. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-3791> (In Russ.).]
4. Шальнова С.А., Яровая Е.Б., Метельская В.А. и др. Связь артериальной гипертензии, повышенного уровня холестерина липопротеинов низкой плотности и их сочетания с возникновением новых случаев сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин и женщин трудоспособного возраста. Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. 2024; 20(2): 183–193. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2024-3013> [Shalnova S.A., Yarova E.B., Metelskaya V.A., et al. The relationship of arterial hypertension, elevated low-density lipoprotein cholesterol and their combination with the occurrence of new cases of cardiovascular diseases in men and women of working age. Rational Pharmacotherapy in Cardiology. 2024; 20(2): 183–193. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2024-3013> (In Russ.).]
5. Liu T., Zhao D., Qi Y. Global Trends in the Epidemiology and Management of Dyslipidemia. J Clin Med. 2022; 11(21):6377. <https://doi.org/10.3390/jcm11216377>
6. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: a pooled analysis of 1201 population-representative studies with 104 million participants. Lancet. 2021; 398(10304): 957–980. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01330-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01330-1)
7. Shreier N.K. The Influence of Weather, Season, Climate, and Disasters on Non-Communicable Diseases. Tampere, Finland: National Institute for Health and Welfare, Finnish University Print Ltd. Research 136. 2014; 92 p.
8. Уянаева А.И., Погонченкова И.В., Тупицына Ю.Ю. и др. Современная медико-метеорологическая оценка погоды Москвы и эффективность немедикаментозных методов коррекции повышенной метеочувствительности у пациентов с заболеваниями суставов. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020; 97(5): 60–69. [Uyanaeva A.I., Pogonchenkova I.V., Tupitsyna Y.Y., et al. Modern medical and meteorological assessment of Moscow weather and the effectiveness of non-drug methods of increased meteosensitivity correction in patients with joint diseases. Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy. 2020; 97(5): 60–69. <https://doi.org/10.17116/kurort20209705160> (In Russ.).]
9. Лян Н.А., Уянаева А.И., Рассулова М.А. и др. Метеопатические реакции и их профилактика у детей с бронхиальной астмой в Московской области: проспективное когортное исследование пациентов с повышенной метеочувствительностью. Вестник восстановительной медицины. 2022; 21 (4): 97–105. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-97-105> [Lyan N.A., Uyanaeva A.I., Rassulova M.A., et al. Meteoropathic Reactions and Their Prevention in Children with Bronchial Asthma in the Moscow Region: a Prospective Cohort Study of Patients with High Meteosensitivity. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2022; 21(4): 97–105. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-97-105> (In Russ.).]
10. Кисляк О.А., Касатова Т.Б., Постникова С.Л. Коррекция симптомов метеочувствительности у пациентов с артериальной гипертензией. Терапия. 2018; 6(24):111–120. <https://doi.org/10.18565/therapy.2018.6.111-120> [Kislyak O.A., Kasatova T.B., Postnikov S.L. Correction of symptoms of meteosensitivity in arterial hypertension patients. Therapy. 2018; 6(24):111–120. <https://doi.org/10.18565/therapy.2018.6.111-120> (In Russ.).]
11. Яковлев М.Ю., Нагорнев С.Н., Уянаева А.И. и др. Изучение связи между влиянием погодных условий и развитием обострений заболеваний системы кровообращения. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2017; 94(52):164 [Yakovlev M.Yu., Nagornev S.N., Uyanaeva A.I., et al. Studying the relationship between the influence of weather conditions and the development of exacerbations of diseases of the circulatory system. Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy. 2017; 94(52):164 (In Russ.)]
12. Tian Z., Li S., Zhang J., Guo Y. The characteristic of heat wave effects on coronary heart disease mortality in Beijing, China: a time series study. PLoS One. 2013; 9(8): e77321. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077321>
13. Abrignani M.G., Lombardo A., Braschi A., et al. Climatic influences on cardiovascular diseases. World journal of cardiology. 2022; 14 (3): 152–169. <https://doi.org/10.4330/wjc.v14.i3.152>
14. Уянаева А.И., Тупицына Ю.Ю., Рассулова М.А. и др. Влияние климата и погоды на механизмы формирования повышенной метеочувствительности (обзор). 2016; 93(5): 52–57. <https://doi.org/10.17116/kurort2016552-57> [Uyanaeva A.I., Tupitsyna Ju.Ju., Rassulova M.A., et al. The influence of the climatic and weather conditions on the mechanisms underlying the formation of enhanced meteosensitivity (a literature review). Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy. 2016; 93(5): 52–57. <https://doi.org/10.17116/kurort2016552-57> (In Russ.).]
15. Barnett A.G., Dobson A.J., McElduff P., et al. WHO MONICA Project. Cold periods and coronary events: an analysis of populations worldwide. J Epid Comm Health. 2005; 59: 551–557. <https://doi.org/10.1136/jech.2004.028514>
16. Dasgupta K., Chan C., Da Costa D., et al. Walking behaviour and glycemic control in type 2 diabetes: seasonal and gender Differences-Study design and methods. BMC. Cardiovascular Diabetology. 2007; 6: 1. <https://doi.org/10.1186/1475-2840-6-1>
17. Фесюн А.Д., Юрова О.В., Гришечкина И.А. и др. Метеорологические параметры и риск развития гипертонического криза: лонгитюдное исследование для разработки модели прогнозирования. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(5):54–65. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-5-54-65> [Fesyun A.D., Yurova O.V., Grischechkina I.A., et al. Meteorological parameters and hypertensive crisis risk: a longitudinal study for developing prediction model. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(5): 54–65. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-5-54-65> (In Russ.).]
18. Martinaituene D., Rauskauskienė N. Weather-related subjective well-being in patients with coronary artery disease. International journal of biometeorology. 2021; 65(8): 1299–1312. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01942-99>
19. Мухарьямов Ф.Ю., Иванова Е.С., Головунина И.С., Попов С.Н. Программы медицинской реабилитации при постинфарктном кардиосклерозе и артериальной гипертензии. Доктор.Ру. 2011; 8 (67): 18–27. [Muharyamov F.Yu., Ivanova E.S., Golovunina I.S., Popov S.N. Medical rehabilitation programs for post-infarction cardiosclerosis and arterial hypertension. Doktor.Ru. 2011; 8(67): 18–27 (In Russ.).]
20. Junjie Xiao. Physical Exercise for Human Health. Advances in Experimental Medicine and Biology. 2020th Edition. 2024; 1128.
21. Фесюн А.Д., Яковлев М.Ю., Вальцева Е.А. и др. Развитие метеопатических реакций организма у пациентов, находящихся на лечении в санаторно-курортных организациях. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(1): 36–45. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-1-36-45>

- [Fesyun A.D., Yakovlev M.Yu., Valtseva E.A., et al. Development of meteopathic reactions in patients treated at Health Resorts: a Cross-Sectional Study of 735 Patients. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(1): 36–45. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-1-36-45> (In Russ.)]
22. Князева Т.А., Абрамова Б.Ю., Гришечкина И.А. и др. Сезонные колебания гемодинамических характеристик у пациентов с повышенной метеочувствительностью: анкетный опрос. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(4): 105–113. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-105-113> [Knyazeva T.A. Abramova B.Y., Grischechkina I.A., et al. Seasonal Fluctuations in Hemodynamic Characteristics in Patients with Increased Meteosensitivity: a Survey. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(4): 105–113. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-105-113> (In Russ.)]
23. Абрамова Б.Ю., Яковлев М.Ю., Вальцева Е.А., Гришечкина И.А. Эффективность лечебных программ физической активности у пациентов с повышенной метеочувствительностью и риском развития хронических неинфекционных заболеваний. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2024; 2: 69–77 [Abramova B.Yu., Yakovlev M.Yu., Valtseva E.A., Grischechkina I.A. Efficacy of therapeutic physical activity programs in patients with increased meteosensitivity and risk of chronic noncommunicable diseases. Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. 2024; 2: 69–77. (In Russ.)]

Опыт применения гипоксического кондиционирования в программах реабилитации пациентов с хроническими профессиональными заболеваниями легких: пилотное исследование

Чжан С.¹, Ачкасов Е.Е.¹, Дудник Е.Н.¹, Румянцева О.И.², Глазачев О.С.^{1,*}

¹ Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, Россия

² Научно-исследовательский институт медицины труда им. Н.Ф. Измерова, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Хронические профессиональные заболевания легких (ХПЗЛ) представляют собой серьезную медицинскую и социальную проблему, связанную с высокой степенью коморбидности и системными нарушениями, включая кардиометаболические изменения, выраженный оксидативный стресс, хроническое воспаление, автономную и иммунную дисрегуляцию, и ведут к инвалидизации и снижению качества жизни. Перспективным методом реабилитации пациентов с ХПЗЛ, наряду с базисной медикаментозной и аппаратной физиотерапией, является гипоксическое кондиционирование (ГК), в частности, интервальные гипоксически-гипероксические воздействия (ИГТВ), которые могут улучшать адаптационные механизмы и снижать воспалительные процессы.

ЦЕЛЬ. Оценить эффективность и безопасность применения ИГТВ в программах комплексной реабилитации пациентов с ХПЗЛ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведено одноцентровое слепое рандомизированное плацебо-контролируемое исследование с участием 60 пациентов (32 мужчин, 28 женщин, средний возраст составил $58,2 \pm 14,1$ лет, средняя длительность заболевания — $15,9 \pm 2,8$ лет) с ХПЗЛ (профессиональная бронхиальная астма — 59,3 %, профессиональный хронический бронхит — 18,5 %, профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких — 11,1 % и профессиональный экзогенный аллергический альвеолит — 11,1 %), разделенных на две группы: основная группа ($n = 30$) получала 12 процедур ИГТВ за 3 недели, контрольная группа ($n = 30$) — плацебо-процедуры. Обе группы проходили стандартную медикаментозную и физиотерапевтическую реабилитацию. Оценивались клинические, функциональные и лабораторные показатели до и после курса реабилитации, а также их относительная динамика.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В группе ИГТВ отмечено значительное улучшение гипоксической устойчивости (по пробам Штанге и Генча при проведении гипоксического теста), снижение бронхообструктивных проявлений, улучшение показателей функции внешнего дыхания и снижение артериального давления. Также наблюдалось увеличение толерантности к физической нагрузке по данным теста шестиминутной ходьбы (ТШХ) (прирост — $11,9 \pm 8,6$ % от исходных значений), уменьшение выраженности одышки и субъективных оценок тяжести нагрузки по шкале Борга. В контрольной группе положительная динамика в индикаторах гипоксической толерантности, бронхообструкции, переносимости ТШХ была значимо менее выражена. Результаты исследования подтверждают, что процедуры ИГТВ могут служить значимым дополнением к стандартной реабилитации пациентов с ХПЗЛ, способствуя улучшению клинических и функциональных показателей, коррекции коморбидных расстройств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Процедуры ИГТВ являются безопасным и эффективным методом дополнения стандартной реабилитации пациентов с ХПЗЛ, приводящим к более значимому улучшению гипоксической устойчивости, переносимости физических нагрузок, снижению бронхообструкции и нормализации артериального давления в сравнении с данными плацебо-контроля.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: хронические профессиональные заболевания легких, реабилитация, интервальные гипоксически-гипероксические воздействия, нагрузочная выносливость

Для цитирования / For citation: Чжан С., Ачкасов Е.Е., Дудник Е.Н., Румянцева О.И., Глазачев О.С. Опыт применения гипоксического кондиционирования в программах реабилитации пациентов с хроническими профессиональными заболеваниями легких: пилотное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):18–28. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-18-28> [Zhang X., Achkasov E.E., Dudnik E.N., Rummyantseva O.I., Glazachev O.S. Experience of Hypoxic Conditioning in Rehabilitation Programs for Patients with Chronic Occupational Lung Diseases: a Pilot Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):18–28. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-18-28> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Глазачев Олег Станиславович, E-mail: glazachev_o_s@staff.sechenov.ru, glazachev@mail.ru

Статья получена: 27.02.2025
Статья принята к печати: 15.04.2025
Статья опубликована: 16.06.2025

Experience of Hypoxic Conditioning in Rehabilitation Programs for Patients with Chronic Occupational Lung Diseases: a Pilot Study

 Xinliang Zhang¹,  Evgeny E. Achkasov¹,  Elena N. Dudnik¹,  Olga I. Rumyantseva²,
 Oleg S. Glazachev^{1,*}

¹ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

² Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Chronic occupational lung diseases (COLD) represent a serious medical and social problem associated with a high degree of comorbidity and systemic disorders, including cardiometabolic changes, pronounced oxidative stress, chronic inflammation, autonomous and immune dysregulation, and leading to disability and reduced quality of life. Hypoxic conditioning (HC), in particular, intermittent hypoxic-hyperoxic exposures (IHHE), which can improve adaptation mechanisms and reduce inflammatory processes, is a promising method of rehabilitation of patients with COLD, along with basic medication and physiotherapy.

AIM. To evaluate the efficacy and safety of IHHE application in the programs of complex rehabilitation of patients with COLD.

MATERIALS AND METHODS. A single-center blind randomized placebo-controlled study with participation of 60 patients (32 men, age 58.2 ± 14.1 years, disease's duration 15.9 ± 2.8 years) with COLD (occupational bronchial asthma — 59.3 %, occupational chronic bronchitis — 18.5 %, occupational chronic obstructive pulmonary disease — 11.1 %) and occupational exogenous allergic alveolitis — 11.1 %), divided into two groups was conducted: the main group received 12 sessions of IHHE in 3 weeks, control group — placebo procedures. Both groups underwent standard medical and physiotherapeutic rehabilitation. Clinical, functional and laboratory parameters before and after the rehabilitation course were evaluated.

RESULTS AND DISCUSSION. In the IHHE group there was a significant improvement of hypoxic resistance (according to Stange's and Gench's tests, hypoxic test), reduction of broncho-obstructive manifestations, improvement of external respiratory function indices and reduction of blood pressure. There was also an increase in exercise tolerance according to the six-minute walk test (6MWT) (an increase of 11.9 ± 8.6 % from baseline), a decrease in the severity of dyspnea and subjective assessments of exercise severity according to the Borg scale. In the control group, the positive dynamics in the indicators of hypoxic tolerance, broncho-obstruction, and 6MWT tolerance were significantly less pronounced. The results of the study confirm that IHHE procedures can serve as a significant addition to the standard rehabilitation of patients with COLD, contributing to the improvement of clinical and functional parameters, correction of comorbid disorders.

CONCLUSION. IHHE is a safe and effective method to be added to standard rehabilitation of patients with COLD, leading to more pronounced improvements of hypoxic resistance, exercise tolerance, reduction of broncho-obstruction and normalization of blood pressure.

KEYWORDS: chronic occupational lung disease, rehabilitation, intermittent hypoxic-hyperoxic exposures, exercise tolerance

For citation: Zhang X., Achkasov E.E., Dudnik E.N., Rumyantseva O.I., Glazachev O.S. Experience of Hypoxic Conditioning in Rehabilitation Programs for Patients with Chronic Occupational Lung Diseases: a Pilot Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):18–28. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-18-28> (In Russ.).

* **For correspondence:** Oleg S. Glazachev, E-mail: glazachev_o_s@staff.sechenov.ru, glazachev@mail.ru

Received: 27.02.2025

Accepted: 15.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Хронические профессиональные заболевания легких (ХПЗЛ) являются серьезной проблемой, накладывающей значительное бремя на системы здравоохранения во всем мире [1, 2]. ХПЗЛ признаны системными заболеваниями, характеризующимися, помимо первичных бронхолегочных проявлений, высокой степенью коморбидности с кардиометаболическими изменениями, автономной и иммунной дисрегуляцией, хроническим воспалением, тревожно-депрессивными расстройствами, кахексией, остеопорозом и аномалиями скелетных мышц [3, 4]. В развитии ХПЗЛ отмечается определенная стадийность, профессиональный характер заболевания устанавливается обычно через 5–7 лет, факторами риска присоединения обструктивных нарушений при контактах с токсикоаллергенными аэрозо-

лями и органоминеральной пылью являются генетическая предрасположенность, наличие диабета, женский пол, нарушение цитокинового статуса [5–7].

Прогрессирование патологии (как интерстициальных заболеваний легких, так и хронического бронхита (хронический обструктивный бронхит легких — ХОБЛ) сопровождается утяжелением коморбидных состояний, в частности, существенно повышает риск геморрагического инсульта и острого коронарного синдрома [8], злокачественных легочных новообразований [7], ведет к инвалидизации и снижению качества жизни пациентов с ХПЗЛ, многие из которых находятся в трудоспособном возрасте [7].

В лечении ХПЗЛ основной упор обоснованно делается на базисную медикаментозную терапию, однако при наличии сопутствующей патологии, плохой переноси-

мости, побочных эффектах применение медикаментов в отдельных случаях ограничено, что актуализирует применение для таких пациентов комплексных реабилитационных программ, сочетающих медикаментозную терапию, методы физической реабилитации, современные аппаратные физиотерапевтические методики [7, 9]. Одним из относительно новых подходов является метод гипоксического кондиционирования (ГК) — интервальных гипоксических воздействий (ИГВ), применяемых в условиях покоя в виде повторяющихся коротких (3–10 минут) эпизодов дыхания гипоксическими газовыми смесями (ГГС 14–10 % O₂), перемежаемых короткими (3–6 минут) интервалами нормоксического (21 % O₂) дыхания.

ИГВ могут применяться в состоянии покоя или в сочетании с физическими упражнениями (интервальные гипоксические тренировки (ИГТ)) [10]. За последние десятилетия в ряде исследований сообщается, что применение ИГВ улучшает не только спортивные результаты, но и различные клинические состояния, включая сердечно-сосудистые и легочные заболевания, а также метаболические и неврологические расстройства [11–14]. Причем доказано, что именно курс процедур с короткими эпизодами гипоксии-реоксигенации, а не постоянная гипоксическая стимуляция в течение всей процедуры является более эффективным в достижении позитивных тренирующих эффектов (повышение уровня гемоглобина, эритроцитов без признаков «гипоксического» стресса в виде повышения кортизола и снижения иммуноглобулинов) [15]. Описан опыт применения разных протоколов ИГВ у пациентов с хроническим бронхитом, бронхиальной астмой средней тяжести, высоким риском ХОБЛ [16–18].

Физиологические и молекулярные механизмы адаптивных эффектов активно изучаются и представлены в ряде детальных обзоров [19–22]. Ключевыми триггерами адаптации к гипоксии считаются ряд транскрипционных факторов (HIFs, CREB, Atg3), активируемых при дефиците кислорода, а также активные формы кислорода (АФК), продукция которых повышается в периоды реоксигенации после гипоксии. АФК в умеренных концентрациях активируют фактор транскрипции NFκB, что дополняет гематологические и негематологические эффекты адаптации к гипоксии индукцией противовоспалительных механизмов, мощности антиоксидантных систем и пр. [19].

Для повышения эффективности ИГВ предложена новая технология адаптации к гипоксии — метод интервальных гипоксически-гипероксических воздействий (ИГТВ), где нормоксические паузы между дыханием ГГС заменяются дыханием гипероксической смесью (30–40 % O₂) [23]. В периоды создаваемой гипероксии происходит быстрое восстановление сатурации крови кислородом и более выраженная, чем при нормоксической реоксигенации, индукция АФК, необходимых для запуска каскада редокс-сигнальных адаптивных путей [11, 23]. Метод ИГТВ апробирован в исследованиях у пациентов с метаболическим синдромом, кардиоваскулярной патологией ишемической болезни сердца, в реабилитационных программах для пожилых людей [14, 24, 25].

Относительно применения ИГТВ у пациентов с профессионально обусловленными длительно протекающими хроническими заболеваниями легких данные ограничены и неоднозначны.

ЦЕЛЬ

Оценка эффективности и безопасности применения ГК в режиме интервальных гипоксически-гипероксических воздействий в программах комплексной реабилитации пациентов с ХПЗЛ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в клинике ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. Н.Ф. Измерова», одобрено локальным этическим комитетом (протокол № 28–20 от 07.10.2020 г.) с соблюдением этических стандартов, описанных в Хельсинкской декларации о принципах медицинских исследований с участием людей (Бюллетень Всемирной организации здравоохранения, 2001). Дизайн: одноцентровое слепое проспективное рандомизированное плацебо-контролируемое клиническое исследование в параллельных группах пациентов.

В рамках настоящей работы исходно обследовали 114 пациентов в возрасте от 46 до 72 лет, с ХПЗЛ, находящихся в стабильном клиническом состоянии, направленных в отделение профессиональных и неинфекционных заболеваний внутренних органов от воздействия химических веществ клиники. Все участники предоставили письменное информированное согласие на участие. Из исследования исключались пациенты в состоянии значительной декомпенсации и те, кто отказался от участия.

По результатам обследования в исследование было включено 60 пациентов (32 мужчин, 28 женщин, средний возраст — 58,2 ± 14,1 лет), рандомизированных в две группы: группа ИГТВ (реабилитация с включением 12 процедур ИГТВ, $n = 30$), группа плацебо (реабилитация с включением 12 плацебо-ИГТВ, $n = 30$). Клинико-демографические характеристики пациентов групп сравнения представлены в таблице 1. Курс реабилитации проводился в условиях стационара в течение 21 дня.

Процедуры интервального ГК в режиме ИГТВ отпусались на фоне программы медикаментозной терапии и физиотерапевтической реабилитации с применением аппарата ReOxy Cardio (Aimediq S.A., Люксембург, регистрационное удостоверение Российской Федерации № РЗН 2014/1486).

Структура процедур ИГТВ формировалась индивидуально по результатам предварительного проведения с каждым пациентом 10-минутного гипоксического теста (ГТ), во время которого пациент дышит через ротовую маску гипоксической газовой смесью с 12 % O₂ (ГГС-12) с мониторингом значений частоты сердечных сокращений (ЧСС) и сатурации крови кислородом (SpO₂) с помощью пульсометра (Masimo SET, США, точность измерения составила ±2 %), установленного в прибор ReOxy Cardio. Пороговыми значениями прекращения подачи ГГС устанавливали SpO₂ = 82 %, максимальный прирост ЧСС — не более 40 % от исходного.

Критерии прекращения гипоксической фазы теста включали достижение критических значений ЧСС и/или SpO₂, а также фиксацию времени достижения минимального значения SpO₂ или максимального значения ЧСС. После достижения одного из этих критериев происходило автоматическое переключение на подачу гипероксической газовой смеси, пока значения SpO₂ не восстанавливались до исходных. По результатам ГТ рассчитывался

гипоксический индекс (ГИ) как соотношение времени десатурации ко времени реоксигенации и формировалась индивидуальная структура процедур ИГТВ (длительность подачи ГТС, гипероксической паузы, пороговое значение десатурации).

Процедура состояла из циклов гипоксических и гипероксических интервалов, продолжительность которых автоматически регулировалась на основе мониторинга параметров SpO_2 и ЧСС. При достижении критических значений одного из показателей подача ГТС-12 менялась на гипероксическую ($FiO_2 = 0,35$), а при восстановлении исходных значений SpO_2 вновь подавалась ГТС-12 и т. д. В среднем каждая тренировка включала 4–7 гипоксически-гипероксических циклов и длилась 40 минут с общим временем вдыхания ГТС-12 20–28 минут. До и после процедуры измеряли значения систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД), мониторировали ЧСС и SpO_2 , по завершении процедуры собирали информацию о побочных эффектах (жалобы на головокружение, одышку, сердцебиение и пр.).

У пациентов контрольной группы проводились имитационные процедуры с применением того же прибора, но при подаче через маску обычного увлажненного воздуха. Процедуры имели тот же режим (продолжительность и количество), как и в группе ИГТВ. После каждой плацебо-процедуры измерялось артериальное давление, ЧСС и SpO_2 .

До и после курса 3-недельной реабилитации пациенты прошли комплексное обследование, включающее клинический осмотр с применением шкалы общего клинического впечатления (Clinical Global Impression Scale — CGI), клинический и биохимический анализ крови, спирометрию, проведение дыхательных проб (Штанге и Генча), ГТ, оценку кардиореспираторной выносливости в тесте шестиминутной ходьбы (ТШХ).

Спирометрическое обследование проводилось в соответствии с методическими рекомендациями Российского респираторного общества в 2023 г. с применением экспертного спирометра с опцией оксиметрии MIR Spirolab I (Италия) и документированием показателей форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ), объема форсированного выдоха за 1 сек (ОФВ₁), индекса Генслера (ОФВ₁/ФЖЕЛ) абсолютных единицах и в процентах от должных индивидуальных значений.

Забор крови осуществлялся из вен предплечья утром натощак, измерение показателей выполнено с применением автоматического анализатора Sysmex XT-2000i (Sysmex Corporation, Япония) и биохимического анализатора Konelab-BioSystems (Thermo Fisher Scientific, Финляндия).

ТШХ выполнялся в соответствии с рекомендациями Американского торакального общества (ATS): пациент перемещался в произвольном темпе по 30-метровому коридору в присутствии врача, регистрировали пройденную дистанцию, значения артериального давления, ЧСС, SpO_2 до и сразу по завершении теста, оценивали субъективную переносимость нагрузки (шкала Борга) и выраженность одышки (шкала mMRC).

Статистический анализ данных проводили с помощью программного продукта Statistica 12.0. Результаты представлены как среднее и стандартное отклонение ($M \pm SD$). Проверка на нормальность распределения

выполнена с применением теста Колмогорова — Смирнова. Различия качественных переменных анализировались при помощи критерия χ^2 и метода Фишера. Для оценки значимости межгрупповых различий показателей применялся критерий Вилкоксона для связанных выборок, критерий Манна — Уитни — для несвязанных выборок. Для оценки динамики показателей рассчитывали взвешенную дельту (Δ , %) по формуле:

$$\Delta = (M_2 - M_1) / M_1 \times 100 \%,$$

где M_1 — исходное значение показателя; M_2 — значение показателя в динамике.

Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Группы сравнения не различались по большинству клинико-демографических показателей (табл. 1). Доминирующей нозологией пациентов была профессиональная бронхиальная астма (59,3 %), в меньшем проценте случаев — профессиональный хронический бронхит (18,5 %), профессиональная ХОБЛ (11,1 %) и профессиональный экзогенный аллергический альвеолит (11,1 %). Длительность заболевания у пациентов составляла в среднем 13–18 лет, большинство пациентов поступило в клинику с обострением (73,3 %), остальные — в плановом порядке; 26 человек — работающие по профессии, остальные — неработающие. В группе плацебо был несколько выше процент курящих, а также пациентов с избыточной массой тела и атеросклерозом брахиоцефальных артерий, что было связано с методом рандомизации групп (блочная). Шесть пациентов группы плацебо не завершили курс реабилитации по личным причинам и были исключены из анализа в связи с ранней выпиской из клиники. Большинство пациентов в обеих группах имели выраженную кардиоваскулярную и метаболическую коморбидность.

Пациенты групп сравнения прошли программы комплексной реабилитации, существенно не отличающиеся по набору медикаментозной терапии и физиотерапевтических методик (табл. 2). Разница отмечена только в частоте применения фиксированных комбинаций бронходилатационной терапии и В-блокаторов (чаще в группе ИГТВ).

В курсе реабилитации все пациенты, прошедшие курс ИГТВ /плацебо-процедур, отметили их хорошую переносимость с минимальными побочными эффектами. Так, 12 пациентов группы ИГТВ и 8 из группы плацебо в первых 2–3 сессиях отмечали затруднение вдоха с маской на лице, легкое головокружение и сердцебиение/потливость, прошедшие в последующих процедурах. Многие (16 пациентов из ИГТВ и 10 пациентов из плацебо-группы соответственно) отмечали некоторую сонливость при прохождении интервальных гипоксических процедур.

Исходно группы сравнения не различались по большинству кардиогемодинамических параметров и показателям крови (табл. 3). У большинства пациентов (16 — в опытной группе и 19 — в контрольной) отмечен умеренный бронхообструктивный синдром, у 30 % всех обследованных — повышенный уровень С-реактивного белка (СРБ).

Таблица 1. Клинико-демографические характеристики пациентов групп сравнения
Table 1. Clinical and demographic characteristics of patients in the comparison groups

Показатель / Indicator	Группа ИГТВ / IHNE group (n = 30)	Группа плацебо / Placebo-group (n = 24)	Значимость различий / Differences significance
Возраст / Age	59,1 ± 15,2	56,9 ± 12,9	p = 0,23
Пол, муж / Sex, men	18 (60,0 %)	14 (58,3 %)	p = 0,62
Длина тела, см / Height, cm	166,1 ± 11,8	174,5 ± 9,4	p = 0,13
Масса тела, кг / Weight, kg	76,23 ± 16,4	83,75 ± 11,8	p = 0,70
Индекс массы тела / Body mass index	27,32 ± 5,19	27,36 ± 3,04	p = 0,35
Продолжительность профессионального заболевания, лет/ Duration of occupational disease, years	16,2 ± 2,4	15,4 ± 2,8	p = 0,68
Профессиональный экзогенный аллергический альвеолит / Occupational exogenous allergic alveolitis	4 (13,3 %)	2 (8,3 %)	p = 0,14
Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких / Occupational chronic obstructive pulmonary disease	2 (6,7 %)	4 (16,6 %)	p = 0,51
Профессиональная бронхиальная астма / Occupational bronchial asthma	18 (60,0 %)	14 (58,3 %)	p = 0,73
Профессиональный хронический бронхит / Occupational chronic bronchitis	6 (20,0 %)	4 (16,6 %)	p = 0,30
Курение / Smoking	2 (6,7 %)	6 (25 %)	p = 0,03
Онкологические заболевания / Oncological diseases	0	1 (4,2 %)	—
Гипертоническая болезнь, стадии 1–2 / Hypertension, stage 1–2	22 (73,3 %)	20 (83,3 %)	p = 0,62
Гипертоническая болезнь, стадия 3 / Hypertension, stage 3	3 (10 %)	2 (8,3 %)	p = 0,47
Атеросклероз периферических артерий / Atherosclerosis of peripheral arteries	6 (20 %)	6 (25 %)	p = 0,73
Атеросклероз брахиоцефальных артерий / Atherosclerosis of brachiocephalic arteries	5	12 (50 %)	p = 0,05
Диабет / Diabetes	8 (26,7 %)	7 (29,2 %)	p = 0,59
Избыточная масса тела / Overweight	12 (40 %)	17 (70,8 %)	p = 0,04
Ожирение 1–2-й стадии / Obesity 1–2 stage	6 (20 %)	4 (16,6 %)	p = 0,70

Примечание: $M \pm \sigma$ — среднее и стандартное отклонение, категориальные переменные, в абсолютных значениях и доли в %; ИГТВ — интервальные гипоксически-гипероксические воздействия.

Note: $M \pm \sigma$ — mean and standard deviation, categorical variables, in absolute values and in %; IHNE — intermittent hypoxic-hyperoxic exposures.

При обследовании в завершении курса реабилитации у всех пациентов отмечено улучшение состояния по шкале клинического впечатления CGI-C (Clinical Global Improvement or Change), однако в группе ИГТВ значение балла CGI-C было значимо меньше ($2,6 \pm 1,8$ и $4,6 \pm 2,1$ соответственно, $p = 0,03$).

После курса реабилитации у пациентов групп сравнения произошло повышение гипоксической устойчивости в результатах проб Штанге и Генча, при этом степень прироста времени задержки дыхания на вдохе и выдохе была значимо больше в группе ИГТВ (табл. 2). В группе ИГТВ также отмечено достоверное повышение значений ГИ при повторном проведении ГТ.

На фоне медикаментозной терапии и физиотерапевтических процедур у всех пациентов отмечено повышение показателей функции внешнего дыхания, при этом в группе ИГТВ степень прироста ОФВ₁ была значимо выше, чем в контрольной. Также в группе ИГТВ отмечено значимое снижение значений ЧСС и ДАД в состоянии покоя.

В значениях отдельных показателей крови существенной динамики не обнаружено, отмечены лишь тенденции к большей степени прироста гемоглобина и снижению значений СРБ в группе ИГТВ по отношению к контрольной.

Исходный уровень кардиореспираторной выносливости, оцениваемый в ТШХ, был снижен практиче-

Таблица 2. Сравнение медикаментозной терапии у пациентов выделенных групп в курсе реабилитации
Table 2. Comparison of drug therapy in patients of selected groups in the rehabilitation course

Показатель / Indicator	Группа ИГТВ / IHNE group (n = 30)	Группа плацебо / Placebo-group (n = 24)	Значимость различий / Differences significance
Двойная бронходилатационная терапия: фиксированные комбинации будесонида + формотерола 160/4,5 мкг/доза / Dual bronchodilator therapy: fixed combinations of budesonide + formoterol 160/4.5 mcg/dose	20 (66,7 %)	8 (33,3 %)	p = 0,03
Пульмикорт (раствор) через небулайзер 1 мл / Pulmicort (solution) via nebulizer 1 ml	15 (50,0 %)	11 (45,8 %)	p = 0,84
Будесонид+Гликопиррония бромид + Формотерол 160 мкг/7,2 мкг/5 мкг (120 доз), 2 дозы 2 раза в сут / Budesonide Glycopyrronium bromide Formoterol 160 mcg/7.2 mcg/5 mcg (120 doses), 2 doses a day	0	4 (16,7 %)	p = 0,03
Вилантерол+Умеклидиния бромид 22/55 мкг, 1 ингаляция/сут / Vilanterol Umeclidinium bromide 22/55 mcg, 1 inhalation/day	4 (13,3 %)	4 (16,6 %)	p = 0,48
Ацетилцистеин 600 мг, 1 раз в сут / Acetylcysteine 600 mg 1 a day	27 (90,0 %)	8 (33,3 %)	p = 0,06
В-адреноблокаторы / Beta-blockers	10 (33,3 %)	4 (16,7 %)	p = 0,04
Блокаторы кальциевых каналов / Calcium channel blockers	10 (33,3 %)	6 (25,0 %)	p = 0,11
Ингибиторы АПФ / ACE inhibitors	14 (46,7 %)	16 (66,7 %)	p = 0,69

Примечание: $M \pm \sigma$ — среднее и стандартное отклонение, категориальные переменные в абсолютных значениях и доли в %; ИГТВ — интервальные гипоксически-гипероксические воздействия, АПФ — ангиотензинпревращающий фермент.

Note: $M \pm \sigma$ — mean and standard deviation, categorical variables in absolute values and in %; IHNE — intermittent hypoxic-hyperoxic exposures, ACE — angiotensin-converting enzyme.

ски у всех пациентов (средняя пройденная дистанция составляла 260–440 м относительно условной нормы в 500 м для женщин и 600 м для мужчин) (табл. 4). При этом у 6 пациентов группы ИГТВ и у 5 из группы контроля отмечены признаки нагрузочной десатурации (снижение SpO_2 после теста на 4 % и более или ниже 92 %) [26].

При повторном тестировании в конце курса отмечен значимый прирост средней пройденной дистанции и снижение баллов в шкалах Борга и mMRC в обеих группах. В то же время степень снижения среднего балла по шкале Борга и значений субъективной оценки выраженности одышки после нагрузки была значимо более выражена в опытной группе. Нагрузочная десатурация отмечена только у 1 пациента группы ИГТВ и у 3 пациентов из группы контроля.

В проведенном плацебо-контролируемом исследовании впервые проведен анализ эффективности и безопасности применения метода ГК в режиме ИГТВ у пациентов с ХПЗЛ на фоне мультимодальной стационарной реабилитации. Показано, что добавление относительно непродолжительного курса из 12 процедур ИГТВ к комплексному медикаментозному и физиотерапевтическому лечению пациентов приводит к более выраженному уменьшению клинической симптоматики, повышению гипоксической устойчивости (по данным проб Штанге и Генча и при повторном проведении ГТ), снижению

выраженности бронхообструктивного синдрома в динамике 3-недельного курса в сравнении с пациентами, проходившими аналогичный курс реабилитации и такое же количество плацебо-процедур ИГТВ. Группы сравнения были удовлетворительно сбалансированы, а применение плацебо-процедур с тем же оборудованием, что и при проведении ИГТВ, позволяет исключить тренирующее влияние дыхания через систему воздухопроводов гипоксикатора.

Более выраженная динамика в длительности апноэ на вдохе и на выдохе в группе ИГТВ представляется достаточно информативным позитивным признаком: в исследовании Hedhli A. et al. в 2021 г. доказаны высокая чувствительность и надежность тестов с произвольной задержкой дыхания, в частности, длительность апноэ коррелировала с показателями ОФВ₁, индекса Генслера и являлась прогностическим индикатором выполнения ТШХ пациентов с ХОБЛ [27].

В нашем исследовании уровень нагрузочной толерантности, тестируемый в ТШХ, был существенно снижен практически у всех пациентов, что объяснимо, учитывая выраженность бронхообструктивного синдрома и кардиоваскулярной коморбидности. В курсе реабилитации отмечен значимый прирост пройденной дистанции ТШХ у пациентов из группы ИГТВ и в контрольной группе (последнее отражает адекватность подобранных процедур в курсе реабилитации и эффективность

Таблица 3. Динамика отдельных кардиореспираторных показателей и параметров крови у пациентов выделенных групп в курсе реабилитации
Table 3. Dynamics of individual cardiorespiratory and blood parameters in patients of selected groups during the rehabilitation course

№	Показатель / Indicator	Группа ИГТВ / IHNE group (n = 30)			Группа плацебо / Placebo-group (n = 30)		
		До курса / at Baseline	После курса / After rehab.	Δ до — после, % / Δ baseline-after, %	До курса / at Baseline	После курса / After rehab.	Δ до — после, % / Δ baseline-after, %
1	Проба Штанге, сек / Stange test, sec	32,0 ± 2,4	37,5 ± 2,5 *p = 0,005	+17,2 ± 7,8 **p = 0,001	32,0 ± 3,4	33,8 ± 2,7 *p = 0,004	+5,8 ± 7,1
2	Проба Генчи, сек / Genchi test, sec	23,9 ± 1,7	28,6 ± 2,3 *p = 0,003	+19,6 ± 9,4 **p = 0,001	24,6 ± 2,6	26,7 ± 2,5* p = 0,03	+8,9 ± 6,5
3	Гипоксический индекс / Hipoxic index	4,0 ± 1,7	5,3 ± 2,4 ***p = 0,02	+15,9 ± 23,7	3,8 ± 2,2	4,1 ± 2,1	+11,1 ± 17,1
4	ОФВ ₁ , % / FEV ₁ , %	61,7 ± 10,8	69,1 ± 8,3 *p = 0,002	+11,6 ± 9,1 **p = 0,001	64,8 ± 7,1	66,8 ± 6,8 *p = 0,02	+3,1 ± 3,5
5	ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, % / FEV ₁ /FVC, %	64,6 ± 9,2	69,1 ± 8,3 *p = 0,005	+7,8 ± 12,0 **p = 0,12	64,7 ± 6,1	66,7 ± 4,8 *p = 0,05	+3,3 ± 4,4
6	Эритроциты, 1012/л / RBC, 1012/L	4,80 ± 0,44	4,85 ± 0,39	+1,2 ± 6,0	4,76 ± 0,50	4,70 ± 0,47	-0,7 ± 8,9
7.	Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	145,4 ± 15,2	145,9 ± 14,2	+0,5 ± 3,7 **p = 0,08	147,7 ± 8,4	145,4 ± 7,3	-1,4 ± 3,4
8.	СРБ, мг/л / CRP, mg/L	4,65 ± 4,18	3,94 ± 2,72	-3,8 ± 19,8 **p = 0,1	3,60 ± 1,85	3,95 ± 1,48	+32,5 ± 28,8
9	ЧСС покоя, уд./мин / HR at rest, bpm	80,8 ± 7,1	76,6 ± 5,1 *p = 0,001	-6,1 ± 7,8 **p = 0,07	83,4 ± 5,7	78,4 ± 3,2	-3,4 ± 9,8
10	САД покоя, мм рт. ст. / SBP, mm Hg	137,2 ± 9,1	128,3 ± 10,6 *p = 0,02	-9,9 ± 4,7	137,1 ± 10,5	130,9 ± 7,9	-5,1 ± 7,2
11	ДАД покоя, мм рт. ст. / DBP, mm Hg	84,9 ± 7,2	80,3 ± 8,2 *p = 0,04	-5,4 ± 4,8 **p = 0,06	84,5 ± 6,7	84,2 ± 5,7	-1,7 ± 5,8

Примечание: * — значимость различий в одной группе по отношению к исходным значениям; ** — значимость межгрупповых различий степени сдвига значений показателя до — после курса реабилитации; ИГТВ — интервальные гипоксически-гипероксические воздействия; ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за 1 сек; ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких; СРБ — С-реактивный белок; ЧСС — частота сердечных сокращений; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление.

Note: * — significance of differences in one group to the baseline; ** — significance of intergroup differences in the degree of shift in the values before and after the rehabilitation course; IHNE — intermittent hypoxic-hyperoxic-hyperoxic exposures; FEV₁ — forced expiratory volume in one second; FVC — forced vital capacity; CRP — C-reactive protein; HR — heart rate; SBP — systolic blood pressure; DBP — diastolic blood pressure.

комбинированной бронходилатационной терапии). Аналогичные результаты были получены ранее у пациентов среднего возраста с ХОБЛ легкой степени после 15 процедур ИГВ в режиме 5 раз в неделю при повторном проведении спироэргометрического нагрузочного тестирования [18]. Авторы отмечали значимый прирост времени выполнения нагрузки до отказа, времени достижения анаэробного порога в сравнении с контрольной группой, что коррелировало с повышением общей массы гемоглобина, диффузионной способности легких для CO₂. В другом исследовании Uzun A. et al. в 2024 г. также продемонстрировали значимый прирост физической толерантности и индекса Тиффно у пациентов с ожирением и сопутствующей бронхолегочной па-

тологией при применении 15 процедур ИГТВ на фоне бальнеофизиотерапии [22]. В нашей работе не выявлено значимых гематологических изменений, и отмечена лишь тенденция к более значимому снижению значений СРБ в группе ИГТВ, что может быть связано с иной категорией пациентов с длительным респираторным анамнезом, а также более коротким курсом процедур ГК. Несмотря на отмеченное, пациенты после ИГТВ при повторном тестировании в ТШХ показали значимо более выраженное снижение одышки и лучшую переносимость нагрузки (шкала Борга), снижение случаев нагрузочной десатурации, что, очевидно, связано с отмеченным ранее повышением гипоксической устойчивости в процессе реабилитации.

Таблица 4. Динамика основных параметров переносимости теста шестиминутной ходьбы у пациентов выделенных групп в курсе реабилитации

Table 4. Dynamics of the main parameters of tolerability of the six-minute walk test in patients of the selected groups in the course of rehabilitation

Показатель / Indicator	Группа / Group	Исходное тестирование / At baseline	Тестирование в конце курса / After rehab course	Δ до и после, % / Δ baseline-after rehab, %
Пройденная дистанция, м / Distance covered, m	ИГТВ/ ИННЕ	324,8 ± 67,7	364,0 ± 79,8 * <i>p</i> = 0,003	+11,9 ± 8,6
	Плацебо / Placebo	331,31 ± 72,8	359,2 ± 67,3 * <i>p</i> = 0,001	+9,6 ± 11,4
Шкала одышки mMRC, балл / mMRC dyspnea scale, point	ИГТВ/ ИННЕ	2,88 ± 0,50	1,85 ± 0,45 * <i>p</i> = 0,003	-34,8 ± 16,6 ** <i>p</i> = 0,003
	Плацебо / Placebo	3,00 ± 0,57	2,36 ± 0,49 * <i>p</i> = 0,003	-19,2 ± 17,5
Шкала Борга, балл / Borg scale, point	ИГТВ/ ИННЕ	4,48 ± 1,50	3,00 ± 1,27 * <i>p</i> = 0,001	-32,4 ± 18,3 ** <i>p</i> = 0,001
	Плацебо / Placebo	5,41 ± 1,17	4,63 ± 0,95 * <i>p</i> = 0,04	-14,8 ± 10,3

Примечание: * — значимость различий в одной группе по отношению к исходным значениям; ** — значимость межгрупповых различий степени сдвига значений показателя до — после курса реабилитации; ИГТВ — интервальные гипоксически-гипероксические воздействия.

Note: * — significance of differences in one group to the baseline; ** — significance of intergroup differences in the degree of shift in the values before and after the rehabilitation course; IHHE — intermittent hypoxic-hyperoxic exposures.

Тенденции к снижению в группе ИГТВ значений СРБ как признака хронического воспаления, несмотря на существенную межиндивидуальную вариабельность, также привлекают внимание, что подтверждается исследованием Timon R. et al. в 2022 г.. В нем показано, что применение ГК у пациентов 65–75 лет в течение 24 недель (3 процедуры в неделю) приводит к снижению жировой массы, уровня холестерина и маркеров воспаления (CRP, VCAM-1, IL-8 и IL-10), подтверждая терапевтический потенциал ГК в борьбе с возрастным низкоградиентным воспалением [11]. Сходные данные приводятся и в работе Stray-Gundersen S. et al. 2022 г., где подчеркивается важность протокола гипоксических воздействий в интервальном режиме для устранения признаков хронического воспаления и эндотелиальной дисфункции [28].

Важным представляется также факт более выраженного снижения значений ЧСС и ДАД у пациентов после курса процедур ИГТВ, что подтверждает ранее отмеченный устойчивый гипотензивный эффект курса процедур ГК [14] и повышение парасимпатической активности в регуляции сердца после 15 процедур ИГВ у пациентов с ХОБЛ [29, 30]. Поскольку у пациентов с хронической бронхиальной астмой, ХОБЛ, интерстициальными заболеваниями легких отмечаются снижение чувствительности барорефлекса, повышенная симпатическая активность, депрессия центральных хеморефлексов, что является предрасполагающим фактором к развитию сердечно-сосудистой патологии [30, 31], коррекция гемодинамических функций посредством ИГТВ может иметь важное клиническое значение.

Ограничения и перспективы исследования

Работа носит пилотный характер с включением пациентов с различными нозологическими формами ХПЗЛ

разной степени тяжести и продолжительности, выраженности оксидативного стресса, хронического воспаления и пр.

Необходимо также отметить, что, в отличие от нашей работы, большинство ранее выполненных исследований основаны на привлечении пациентов с легким течением легочных заболеваний и применении протокола ИГВ без гипероксических стимуляций. Несмотря на то что экспериментальные данные свидетельствуют о том, что ИГТВ может быть лучшим протоколом, что согласуется с предполагаемой большей индукцией АФК опосредованных адаптивных реакций, требуется проведение сравнительных исследований применения методик ИГВ и ИГТВ.

Определенные перспективы видятся также в исследовании эффективности сочетанного последовательного применения ИГТВ и легких физических нагрузок у пациентов с ХПЗЛ, учитывая их вентиляторный потенциал и низкую приверженность к регулярным физическим нагрузкам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процедуры ГК в режиме ИГТВ легко применимы в практике стационарной реабилитации, не вызывают значимых побочных эффектов и хорошо переносятся пациентами с ХПЗЛ. Включение процедур ИГТВ в комплексные программы реабилитации у этих пациентов приводит к более выраженному клиническому улучшению, значимому повышению гипоксической толерантности и кардиореспираторной нагрузочной выносливости, а также снижению бронхообструктивных проявлений и нормализации артериального давления по сравнению с группой плацебо-контроля.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Чжан Синьян, аспирант, кафедра спортивной медицины и медицинской реабилитации, Институт клинической медицины, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8513-3328>

Ачкасов Евгений Евгеньевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий, кафедра спортивной медицины и медицинской реабилитации, Институт клинической медицины, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9964-5199>

Дудник Елена Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, кафедра нормальной физиологии, Институт клинической медицины, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4571-1781>

Румянцева Ольга Игоревна, кандидат медицинских наук, заведующий отделением профессиональных и неинфекционных заболеваний внутренних органов от воздействия химических веществ, Научно-исследовательский институт медицины труда им. Н.Ф. Измерова.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0744-6625>

Глазачев Олег Станиславович, доктор медицинских наук, профессор, кафедра нормальной физиологии, Институт клинической медицины, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет).

Email: glazachev_o_s@staff.sechenov.ru, glazachev@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9960-6608>

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: Чжан С. — проведение исследования, написание черновика рукописи, Ачкасов Е.Е. — курирование проекта, Дудник Е.Н. — программное обеспечение, верификация данных, анализ данных, Румянцева О.И. — проведение исследования, обеспечение материалов для исследования, визуализация, Глазачев О.С. — руководство проектом, научное обоснование, методология, проверка и редактирование 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 соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом при ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России (г. Москва, Россия), протокол № 23-23 от 01.12.2023.

Информированное согласие. В исследовании не раскрывается сведений, позволяющих идентифицировать личность пациентов. От всех пациентов (законных представителей) было получено письменное согласие на публикацию всей соответствующей медицинской информации, включенной в рукопись.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Xinliang Zhang, Postgraduate Student, Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8513-3328>

Evgeny E. Achkasov, D.Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Sports Medicine and Medical, Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9964-5199>

Elena N. Dudnik, Ph.D. (Biol.), Associate Professor at the Department of Normal Physiology, Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4571-1781>

Olga I. Rumyantseva, Ph.D. (Med.), Head of the Department of Professional and Non-Communicable Diseases of Internal Organs from the Effects of Chemicals, Izmerov Research Institute of Occupational Health.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0744-6625>

Oleg S. Glazachev, D.Sc. (Med.), Professor, Professor at the Department of Normal Physiology, Institute of Clinical

Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

Email: glazachev_o_s@staff.sechenov.ru, glazachev@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9960-6608>

Author Contributions. All authors acknowledge authorship according to the ICMJE international criteria (all authors made significant contributions to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Zhang X. — investigation, writing — original draft, Achkasov E.E. — supervision, Dudnik E.N. — software validation, formal analysis, data curation, Rumyantseva O.I. — investigation, investigation resources, visualization, Glazachev O.S. — supervision, project administration, methodology, 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 I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia), Protocol No. 23-23 dated 01.12.2023.

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patients. Written consent

was obtained from all patients (legal representatives) for publication of all relevant medical information included in the manuscript.

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

Список литературы / References

1. Косарев В.В., Бабанов С.А. Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких. *Consilium Medicum*. 2014; 16(3): 22–26. [Kosarev V.V., Babanov S.A. Occupational chronic obstructive pulmonary disease. *Consilium Medicum*. 2014; 16(3):22–26 (In Russ.).]

2. Murgia N, Gambelunghe A: Occupational COPD — The most underrecognized occupational lung disease? *Respirology*. 2022; 27(6): 399–410. <https://doi.org/10.1111/resp.14272>

3. Tug T., Terzi S., Yoldas T. Relationship between the frequency of autonomic dysfunction and the severity of chronic obstructive pulmonary disease. *Acta neurologica scandinavica*. 2005; 112(3): 183–188. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.2005.00456.x>

4. Байкова А.Г., Бабанов С.А., Будащ Д.С. Профессиональная бронхиальная астма. *Медицинская сестра*. 2018; 20(7): 13–18. <https://doi.org/10.29296/25879979-2018-07-03> [Baikova A.G., Babanov S.A., Budash D.S. Occupational asthma. *Meditinskaya Sestra*. 2018; 20(7): 13–18. <https://doi.org/10.29296/25879979-2018-07-03> (In Russ.).]

5. Бухтияров И.В., Орлова Г.П., Андреев О.Н., Землякова С.С. Эпидемиология профессиональных интерстициальных заболеваний лёгких в России. *Медицина труда и промышленная экология*. 2022;62(7): 430–436. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-7-430-436> [Bukhtiyarov I.V., Orlova G.P., Andreenko O.N., Zemlyakova S.S. The epidemiology of occupational interstitial lung diseases in Russia. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2022; 62(7): 430–436. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-7-430-436> (In Russ.).]

6. Васильева О.С., Кузьмина Л.П., Черняк А.В., Кравченко Н.Ю., Коляскина М.М. Профессиональные факторы и роль индивидуальной восприимчивости к развитию и течению бронхолегочных заболеваний. *Пульмонология*. 2021; 31(4): 463–468. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2021-31-4-463-468> [Vasilieva O.S., Kuzmina L.P., Chernyak A.V., Kravchenko N.Yu., Koljaskina M.M. The role of occupational factors and individual susceptibility in the development and course of bronchopulmonary diseases. *Pulmonologiya*. 2021; 31(4): 463–468. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2021-31-4-463-468> (In Russ.).]

7. Макаров И.А., Потапова И.А., Мокеева Н.В. Особенности динамики профессиональной хронической обструктивной болезни легких у рабочих пылевых профессий. *Пульмонология*. 2017; 27(1): 37–40. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2017-27-1-37-40> [Makarov I.A., Potapova I.A., Mokeeva N.A. Clinical course of occupational chronic obstructive pulmonary disease in workers exposed to dust. *Pulmonologiya*. 2017; 27(1): 37–40. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2017-27-1-37-40> (In Russ.).]

8. Chuang C.-S., Ho S.-C., Lin C.-L., et al. Risk of cerebrovascular events in pneumoconiosis patients: a population-based study, 1996–2011. *Medicine* 2016, 95(9): e2944. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000002944>

9. Shen H., Xu Y., Zhang Y., et al. Efficacy of pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease and obstructive sleep apnea; a randomized controlled trial. *J Rehabil Med*. 2024; 56: jrm23757. <https://doi.org/10.2340/jrm.v56.23757>

10. Бурчер Й., Глазачев О.С., Копп М., Бурчер М. Эффекты интервальных гипоксических экспозиций и интервальных гипоксических тренировок на переносимость физических нагрузок (нарративный обзор). *Спортивная медицина: наука и практика*. 2024; 14(2): 16–23. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.2.5> [Burtscher J., Glazachev O.S., Kopp M., Burtscher M. Effects of intermittent hypoxia exposures and interval hypoxic training on exercise tolerance (narrative review). *Sports medicine: research and practice*. 2024; 14(2): 16–23. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.2.5> (In Russ.).]

11. Timon R., González-Custodio A., Vazquez-Bonilla A., et al. Intermittent hypoxia as a therapeutic tool to improve health parameters in older adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(9): 5339. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095339>

12. Tessema B., Sack U., König B., et al. Effects of intermittent hypoxia in training regimes and in obstructive sleep apnea on aging biomarkers and age-related diseases: a systematic review. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2022; 14: 878278. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.878278>

13. Schega L., Peter B., Brigadski T., et al. Effect of intermittent normobaric hypoxia on aerobic capacity and cognitive function in older people. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2016; 19(11): 941–945. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.02.012>

14. Lyamina N.P., Spirina G.K., Glazachev O.S. Hypoxic Conditioning in Rehabilitation and Secondary Prevention Programs in Cardiac Patients with Multimorbidity: a Review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21(5): 78–86. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-5-78-86>

15. Tobin B, Costalat G, Renshaw G.M.C. Intermittent not continuous hypoxia provoked haematological adaptations in healthy seniors: hypoxic pattern may hold the key. *Eur J Appl Physiol*. 2020; 120(3): 707–718. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04310-y>

16. Гребенюк С.А., Озаровский Е.Е. Применение прерывистой нормобарической гипокситерапии в лечении больных с хроническими неспецифическими заболеваниями легких в условиях военного санатория. *Военно-медицинский журнал*. 2003; 324(1): 69–70. [Grebennyuk S.A., Ozarovsky E.E. Application of intermittent normobaric hypoxotherapy in the treatment of patients with chronic nonspecific lung diseases in the conditions of military sanatorium. *Military Medical Journal*. 2003; 324(1): 69–70 (In Russ.).]

17. Иванов А.Б., Борукаева И.Х., Шхагумов К.Ю., Абазова З.Х. Комбинированное применение гипокситерапии и оксигенотерапии — эффективный метод коррекции иммунологического статуса больных бронхиальной астмой. *Здоровье и образование в XXI веке*. 2015; 17(4): 12–317. [Ivanov A.B., Borukaeva I.Kh., Shhagumov K.Yu., Abazova Z.Kh. Combined application of hypoxotherapy and oxygentherapy is an effective method of correction of immunological status of patients with bronchial asthma. *The journal of scientific articles health and education millennium*. 2015; 17(4): 312–317 (In Russ.).]

18. Burtscher M., Haider T., Domej W., et al. Intermittent hypoxia increases exercise tolerance in patients at risk for or with mild COPD. *Respiratory physiology & neurobiology*. 2009; 165(1): 97–103. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2008.10.012>

19. Burtscher J., Citherlet T., Camacho-Cardenosa A., et al. Mechanisms underlying the health benefits of intermittent hypoxia conditioning. *The Journal of physiology*. 2024; 602(21): 5757–5783. <https://doi.org/10.1113/jp285230>

20. Kasima V.H.M., Mathiaa S., Persson P.B., et al. Episodic hypoxia promotes defence against cellular stress. *Cell Physiol Biochem*. 2019; 52: 1075–1091. <https://doi.org/10.33594/0000000073>

21. Zhang Q., Zhao W., Li S., et al. Intermittent Hypoxia Conditioning: A Potential Multi-Organ Protective Therapeutic Strategy. *Int. J. Med. Sci*. 2023; 20(12): 1551–1561. <https://doi.org/10.7150/ijms.86622>

22. Uzun AB, Iliescu M, Stanciu LE., et al. The Impact of Intermittent Hypoxia-Hyperoxia Therapy on Metabolism and Respiratory System in Obese Patients as Part of Comprehensive Medical Rehabilitation. *Cureus*. 2024; 16(10):e71501. <https://doi.org/10.7759/cureus.71501>

23. Mallet R.T., Burtcher J., Gatterer H., et al. Hyperoxia-enhanced intermittent hypoxia conditioning: mechanisms and potential benefits. *Med. Gas. Res.* 2024; 14(3): 127–129. <https://doi.org/10.4103/mgr.medgasres-d-23-00046>
24. Behrendt T., Bielitzki R., Behrens M., et al. Effects of Intermittent Hypoxia-Hyperoxia on Performance and Health-Related Outcomes in Humans: A Systematic Review. *Sports Med. Open.* 2022; 8(1): 70. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00450-x>
25. Dudnik E., Zagaynaya E., Glazachev O.S., Susta D. Intermittent hypoxia-hyperoxia conditioning improves cardiorespiratory fitness in older comorbid cardiac outpatients without hematological changes: a randomized controlled trial. *High Altitude Medicine & Biology.* 2018; 19(4): 339–343. <https://doi.org/10.1089/ham.2018.0014>
26. Wang S., Gao B., Shi M., et al. Exercise-Induced Oxygen Desaturation Increases Arterial Stiffness in Patients with COPD during the 6WMT. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2024; 19: 1479–1489. <https://doi.org/10.2147/copd.s465843>
27. Hedhli A., Slim A., Ouahchi Y., et al. Maximal Voluntary Breath-Holding Tele-Inspiratory Test in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Mens Health.* 2021; 15(3): 15579883211015857. <https://doi.org/10.1177/15579883211015857>
28. Stray-Gundersen S., Massoudian S.D., Wojan F., et al. Hypoxic preconditioning reduces endothelial ischemia-reperfusion injury in older adults. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2022; 323(5): R832–R838. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00200.2022>
29. Haider T., Casucci G., Linser T., et al. Interval hypoxic training improves autonomic cardiovascular and respiratory control in patients with mild chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of hypertension.* 2009; 27(8): 1648–1654. <https://doi.org/10.1097/hjh.0b013e32832c0018>
30. Vogtel M., Michels A. Role of intermittent hypoxia in the treatment of bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Curr Opin Allergy Clin Immunol.* 2010; 10(3): 206–213. <https://doi.org/10.1097/aci.0b013e32833903a6>
31. Xinliang Z., Achkasov E.E., Gavrikov L.K., et al. Assessing the importance and safety of hypoxia conditioning for patients with occupational pulmonary diseases: A recent clinical perspective. *Biomed. Pharmacother.* 2024; 178: 117275. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2024.117275>

Модификация и характеристика биофункциональных свойств коллагенсодержащих ксерогелей медицинского назначения: результаты экспериментального исследования

 **Ерёмин П.С.,**  **Рожкова Е.А.,**  **Марков П.А.***

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

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Разработка и усовершенствование методов и материалов, применяемых в регенеративной медицине для немедикаментозной стимуляции восстановления тканей, позволит решить ряд клинических проблем, связанных с заболеваниями, препятствующими нормальному процессу репаративной регенерации, такими как диабет, сердечно-сосудистые заболевания и метаболические нарушения. Коллаген и его производные уже используются в качестве компонентов биоматериалов медицинского назначения. Однако низкая механическая прочность, быстрая биodeградация в физиологических средах и слабая устойчивость к ферментам ограничивают область и эффективность их медико-биологического применения.

ЦЕЛЬ. Оценить влияние карбоновых кислот на прочность, биodeградируемость и биосовместимость коллагенового ксерогеля в условиях *in vitro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Механические характеристики материалов оценивали с использованием текстурного анализатора TA.XTplus. Биосовместимость материалов оценивали методами световой и люминесцентной микроскопии с использованием флюоресцентных красителей (DAPI, Rhodamine) и набора для оценки жизнеспособности клеток Calcein AM (CCK-F).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Создан ксерогель на основе денатурированного коллагена с высокими прочностными характеристиками. Подобраны параметры термической обработки и концентрации карбоновых кислот для стабилизации механических свойств гидрогеля. Выявлено, что внесение в гидрогель из денатурированного коллагена лимонной кислоты и последующая высокотемпературная обработка позволяют повысить механическую прочность ксерогеля с 59 ± 3 до 82 ± 13 кПа. Кроме того, внесение лимонной кислоты в состав ксерогеля повышает его устойчивость к биodeградации более чем в три раза. Микросреда, создаваемая ксерогелем, содержащим лимонную кислоту, не оказывает цитотоксического действия, но при этом препятствует пролиферации фибробластов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты исследования *in vitro* показали, что полученный материал может стать перспективной платформой для применения как в качестве внеклеточного скаффолда, так и в качестве самостоятельного биоматериала для заполнения объема утраченной ткани в результате оперативного вмешательства или ранения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биомиметики, гидрогель, ксерогель, коллаген, желатин, прочность, Модуль Юнга

Для цитирования / For citation: Ерёмин П.С., Рожкова Е.А., Марков П.А. Модификация и характеристика биофункциональных свойств коллагенсодержащих ксерогелей медицинского назначения: результаты экспериментального исследования. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):29–37. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-29-37> [Eremin P.S., Rozhkova E.A., Markov P.A. Modification and Characteristics of Biofunctional Properties of Collagen-Containing Xerogels for Medical Purposes: an Experimental Study Results. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):29–37. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-29-37> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Марков Павел Александрович, E-mail: markovpa@nmicrk.ru, p.a.markov@mail.ru

Статья получена: 04.04.2025

Статья принята к печати: 11.04.2025

Статья опубликована: 16.06.2025

Modification and Characteristics of Biofunctional Properties of Collagen-Containing Xerogels for Medical Purposes: Results of the Experimental Study

 Petr S. Eremin,  Elena A. Rozhkova,  Pavel A. Markov*

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

ABSTRACT

INTRODUCTION. Development and improvement of methods and materials used in regenerative medicine for non-drug stimulation of tissue repair will solve a number of clinical problems associated with diseases that impede the normal process of reparative regeneration, such as diabetes, cardiovascular diseases and metabolic disorders. Collagen and its derivatives are already used as components of biomaterials for medical purposes. However, low mechanical strength, rapid biodegradation in physiological environments and weak resistance to enzymes limit the scope and effectiveness of their medical and biological applications.

AIM. The aim of the study is to evaluate the effect of carboxylic acids on the strength, biodegradability and biocompatibility of collagen xerogel, *in vitro*.

MATERIALS AND METHODS. The mechanical characteristics of the materials were assessed using a TA.XTplus texture analyzer. The biocompatibility of the materials was assessed by light and fluorescence microscopy using fluorescent dyes (DAPI, Rhodamine) and a Calcein AM (CCK-F) cell viability kit.

RESULTS AND DISCUSSION. A xerogel based on denatured collagen with high strength characteristics was created. The parameters of heat treatment and concentrations of carboxylic acids were selected to stabilize the mechanical properties of the hydrogel. It was found that the introduction of citric acid into the hydrogel from denatured collagen and subsequent high-temperature treatment allows to increase the mechanical strength of the xerogel from 59 ± 3 to 82 ± 13 kPa. In addition, the introduction of citric acid into the composition of the xerogel increases its resistance to biodegradation by more than three times. The microenvironment created by the xerogel containing citric acid does not have a cytotoxic effect, but it does inhibit proliferation of fibroblasts.

CONCLUSION. The results of the *in vitro* study showed that the obtained material can become a promising platform for use both as an extracellular scaffold and as an independent biomaterial for filling the volume of tissue lost as a result of surgery or injury.

KEYWORDS: biomimetics, hydrogel, xerogel, collagen, gelatin, strength, Young's modulus

For citation: Eremin P.S., Rozhkova E.A., Markov P.A. Modification and Characteristics of Biofunctional Properties of Collagen-Containing Xerogels for Medical Purposes: an Experimental Study Results. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):29–37. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-29-37> (In Russ.).

* **For correspondence:** Pavel A. Markov, E-mail: markovpa@nmicrk.ru, p.a.markov@mail.ru

Received: 04.04.2025

Accepted: 11.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Повреждение кожных покровов в результате воздействия механических, физических или химических факторов, а также хронические раны трудно поддаются терапии. Текущие стандарты лечения полнослойных и хронических ран, такие как хирургическое лечение ран, аутологичная пересадка кожи, системное и местное введение антибиотиков и иммунодепрессантов, гормональных противовоспалительных средств часто сопровождаются нежелательными эффектами и осложнениями (например, болезненность процедуры, риск возникновения сопутствующих инфекционных заболеваний и т. д.) [1]. В связи с этим сохраняется актуальность поиска новых методов и технологий лечения сложных ран.

Одним из таких подходов является использование многофункциональных биоматериалов в качестве каркасов, в которых биоматериалы выполняют функцию внеклеточного матрикса, обеспечивающего инфильтрацию клеток и условия для поддержки роста новой ткани [2].

Биомиметические каркасы могут изготавливаться из материалов природного и синтетического происхождения, а также их композиций [3]. Наиболее популяр-

ным и перспективным ингредиентом биоматериалов медицинского назначения является коллаген, а также его денатурированные формы с различной молекулярной массой [4, 5]. Выбор коллагена и его производных обусловлен наиболее близкой имитацией нативного внеклеточного матрикса, а также за счет их высокой биосовместимости и способности поддерживать клеточный рост и пролиферативную активность клеток. Однако эффективное и масштабное применение биоматериалов на основе коллагена и его производных ограничено в первую очередь из-за их низкой механической прочности, быстрой биodeградации в физиологических средах и слабой устойчивости к ферментам [6].

Для усиления физических свойств коллагеновых биоматериалов используются различные методы сшивки, т. е. введение дополнительных химических связей между полипептидными цепями коллагена. Одним из методов усиления физических свойств коллагеновых биоматериалов может быть использование в качестве сшивающих агентов карбоновых кислот. Карбоновые кислоты представляют собой органические соединения, содержащие карбоксильную группу ($-\text{COOH}$). В основе этого типа сшивки лежит образование дополни-

тельных ковалентных связей между карбоксильными группами кислот и аминокруппами полипептидных цепей коллагена [7, 8]. При этом наиболее широкое распространение в качестве сшивающего агента получила лимонная кислота [9], что, по всей видимости, обусловлено наличием трех карбоксильных групп, которые могут образовывать стабильные амидные связи [8, 10]. Применение в качестве сшивающего агента дикарбоновых кислот, содержащих две карбоксильные группы, как например, винной (тартаровая) кислоты, используется главным образом для сшивки гидроколлоидов растительного происхождения и слабо изучено в отношении гидроколлоидов животного происхождения [11, 12]. Монокарбоновые кислоты, например, молочная, применяются главным образом в виде продуктов поликонденсации — полимолочных кислот [13–15]. Однако применение таких биоматериалов в качестве имплантируемых конструкций или раневых покрытий имеет ряд ограничений, в первую очередь это токсичность продуктов биodeградации и чрезмерно интенсивный местный провоспалительный ответ [16].

Ранее было показано, что, комбинируя химический метод сшивки денатурированного коллагена с использованием лимонной кислоты и последующей высокотемпературной обработкой, можно повысить эффективность сшивки цепей коллагена и улучшить прочность коллагеновых электропрядных нановолокон. Считается, что использование цитратного метода сшивки достаточно безопасно для изделий медицинского назначения [11]. Тем не менее пока недостаточно изучена возможность применения такого комбинированного подхода в сочетании с использованием моно-, ди- и трикарбоновых кислот для получения многофункциональных биоматериалов медицинского назначения.

ЦЕЛЬ

Оценить влияние карбоновых кислот на прочность, биodeградируемость и биосовместимость коллагенового ксерогеля в условиях *in vitro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

В работе использованы следующие реактивы и материалы: денатурированный коллаген I типа компании «First Alive Collagen» (Россия), общая химическая характеристика представлена в таблице 1; растворы карбоновых кислот; набор для определения жизнеспособности клеток Calcein AM (Servicebio); 0,02% раствор Версена (ПанЭко, Россия); 0,25% раствор Try-EDTA (StemCell, США); FBS, эмбриональная телячья сыворотка (Gibco, США); антибиотик пенициллин-стрептомицин (ПанЭко, Россия); фосфатно-солевой буфер 1xD-PBS (StemCell, США); культуральная среда DMEM-F12 (Gibco, США); культура клеток фибробластов кожи человека HdFb d281 (Россия).

Методы

Для получения гидрогелей 120 г денатурированного коллагена растворяли в 400 мл дистиллированной воды при температуре 80 °C. Полученный раствор аликвотировали по 25 мл. К 25 мл полученного раствора приливали 25 мл одного из следующих растворов: дистиллированная вода (контроль, ДК), 80 мМ молочной кислоты (МК), 80 мМ винной кислоты (ВК), 80 мМ лимонной кис-

Таблица 1. Физико-химическая характеристика коллагенового гидрогеля
Table 1. Physical and chemical characteristics of the collagen hydrogel

Показатель / Parameter	Значение / Value
Гидролизат коллаген / Collagen hydrolyzate	8,5–9,5 %
Триглицериды / Triglycerides	0,2–0,6 %
Зола сульфатная / Sulphated ash	1,6–2 %
Вода / Water	35,2–51,1 %
Молекулярная масса коллагена / Molecular weight of collagen	12–270 кДа
Плотность (20 °C) / Density (20 °C)	2,00–2,10 г/мл
pH	4,5–6,0
Соли / Salt	3–5 %

лоты (ЛК). После помешивания растворы заливали в силиконовые формы (12 см длина, 8 см ширина) и высушивали при 80 °C в течение 12 часов. Полученные сухие пленки выдерживали при 150 °C в течение 2 или 16 часов. В результате были получены образцы ксерогелей ДК, ДК+МК, ДК+ВК и ГК+ЛК. В дальнейшем для оценки структурно-механических свойств ксерогели регидратировали в растворе солей Хенкса (pH = 7,4) в течение 12 часов при 4 °C. Объем раствора солей Хенкса для регидратации использовали из расчета 1 мл раствора на 1 см² пленки.

Анализ структурно-механических свойств образцов проводился с помощью анализатора текстуры TA.XTplus (Stable Micro Systems Ltd, Великобритания) с использованием тензодатчика весом 5000 г и прикладной программы, поставляемой с устройством (Texture Expert for Windows™, версия 2.61). Испытания проводились при комнатной температуре.

Регидратированные образцы ксерогелей средней толщиной 1,5 мм прокалывали плоским алюминиевым зондом диаметром 2 мм (SMS P/2). Для каждого теста были выбраны следующие экспериментальные условия: скорость пре-теста и пост-теста — 5 мм/с, скорость деформации — 1 мм/с, расстояние движения зонда — 4 мм. Твердость определяли по следующей формуле:

$$P = F / S,$$

где F — максимум кривой сила-расстояние в ньютонах, а S — площадь поперечного сечения образца геля в м².

Модуль Юнга просчитывали по следующей формуле:

$$E = (F / S) / (\Delta h / h),$$

где F — значение силы в ньютонах на кривой сила-расстояние при 4 % деформации высоты образца, а S — площадь поперечного сечения образца геля в м², Δh / h — 4 % деформация при проколе образца.

Для оценки интенсивности биodeградации ксерогелей в условиях *in vitro* образцы помещали в лунки 6-луночных планшетов и добавляли 7 мл инкубационной среды. В качестве инкубационной среды использовали раствор соли Хенкса (HBSS), содержащий соли Ca, Mg,

без бикарбоната Na, без фенолового красного, содержащий 25 мМ HEPES. Исходный раствор Хенкса имел pH 7.

При оценке биологических свойств материалов руководствовались положениями стандартов, изложенных в ГОСТ ISO 10993-5-2011 «Изделия медицинские: оценка биологического действия медицинских изделий. Исследования на цитотоксичность: методы *in vitro*». Оценку биосовместимости проводили методом прямого контакта с использованием фибробластов человека (HdFb d281), полученных из банка клеточных культур УНУ «Коллекция клеточных культур» ЦКП ИБР РАН.

Предварительно простерилизованные спиртом и УФ-облучением образцы (10 × 10 мм) помещали в лунки 6-луночных планшетов из расчета один образец на лунку, общее количество повторов для каждого образца — 5 шт. Оценку влияния ксерогелей на пролиферативную активность фибробластов человека проводили при совместной инкубации. Для этого ксерогели помещали в лунки с предварительно адгезированными клетками и инкубировали при стандартных условиях культивирования (37 °C, 5 % CO₂). Через 24 часа оценивали морфометрические характеристики фибробластов и их жизнеспособность с использованием набора для определения жизнеспособности клеток Calcein AM. Обработку образцов Calcein AM проводили согласно протоколу производителя (Calcein AM Cell Viability Assay Kit, Servicebio). Морфометрические характеристики клеток оценивали методом световой и люминесцентной микроскопии (Leica Microsystems). Жизнеспособность клеток оценивали с использованием набора Calcein AM, согласно протоколу производителя (Calcein AM Cell Viability Assay Kit, Servicebio).

Статистическая обработка результатов

Полученные данные были обработаны программами Statistica 10, SPSS версия 20 (SPSS, Inc., Chicago, IL, США) и Microsoft Excel 2007. Данные представляли в виде среднего арифметического ± стандартное отклонение. Значимость различий была определена при помощи однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и парного сравнения (*post hoc*) критерия Тьюки. При сравнении выборочных средних, имеющих нормальное распределение, использовали *t*-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Внешний вид ксерогелей из денатурированного коллагена (ДК), а также его модифицированных

форм, содержащих 40 мМ молочной (ДК + Мк), винной (ДК + Вк) и лимонной кислоты (ДК + Лк), представлен на рисунке 1.

Оценку текстурных свойств образцов проводили после предварительной регидратации ксерогелей в растворе Хенкса в течение 12 часов при 4 °C. Установлено, что внесение в состав раствора коллагена молочной и винной кислот не влияет на механическую прочность полученных ксерогелей ДК + Мк и ДК + Вк. Выявлено, что внесение лимонной кислоты повышает механическую прочность ксерогеля ДК + Лк до 82 ± 13 кПа (рис. 2А). При этом модуль продольной упругости всех исследованных образцов не изменяется и в среднем составляет 26 ± 6 кПа (рис. 2В).

На следующем этапе исследования оценивали влияние продолжительности термической обработки на механические свойства ксерогелей. Установлено, что уменьшение продолжительности термообработки до 2 часов приводит к снижению механической прочности у всех исследуемых образцов (табл. 2). Наиболее значимое снижение прочности наблюдаются у ксерогеля ДК + Вк₂, его прочность ниже не только по сравнению с ДК + Лк₂ и ДК + Мк₂, но и даже по сравнению с исходным ксерогелем ДК₂. Следует отметить, что, несмотря на снижение прочности ксерогеля ДК + Лк₂, в результате сокращения продолжительности термического воздействия его прочность относительно других образцов остается наиболее высокой (табл. 2).

Выявлено, что сокращение продолжительности термообработки не вызывает изменений в способности гидрогелей сопротивляться упругой деформации (табл. 2). Значение модуля Юнга всех гидрогелей, обработанных высокой температурой как в течение 16 часов, так и в течение 2 часов сопоставимы между собой (рис. 2, табл. 2).

Оценка интенсивности биodeградации ксерогелей в условиях *in vitro*, показала, что внесение в состав ДК трикарбоновой (лимонной) кислоты повышает устойчивость ксерогеля к биodeградации. Так, например, прочность ДК через 24 часа инкубации в среде, имитирующей по химическому составу и кислотности межтканевую жидкость, снижается на 80 % и составляет 7 ± 1 кПа. В той же степени происходит снижение прочности ДК+Мк и ДК+Вк (рис. 3). Механическая прочность ксерогеля ДК+Лк также снижается, однако интенсивность биodeградации данного ксерогеля в два раза ниже по сравнению ДК, ДК+Мк и ДК+Вк (рис. 3).

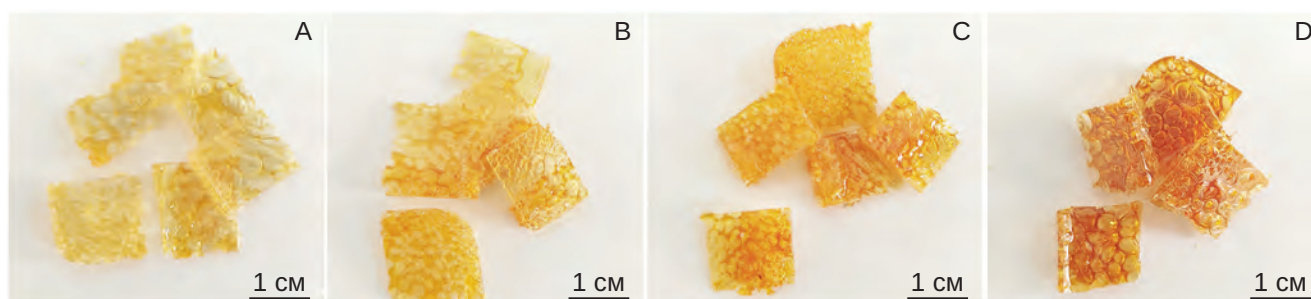


Рис. 1. Ксерогели из денатурированного коллагена (А) и коллагена, обработанного молочной (В), винной (С) и лимонной (D) кислотами с последующим нагреванием до 150 °C в течение 16 часов

Fig. 1. Xerogels from denatured collagen (A) and collagen treated with lactic (B), tartaric (C) and citric (D) acid followed by heating to 150 °C for 16 hours

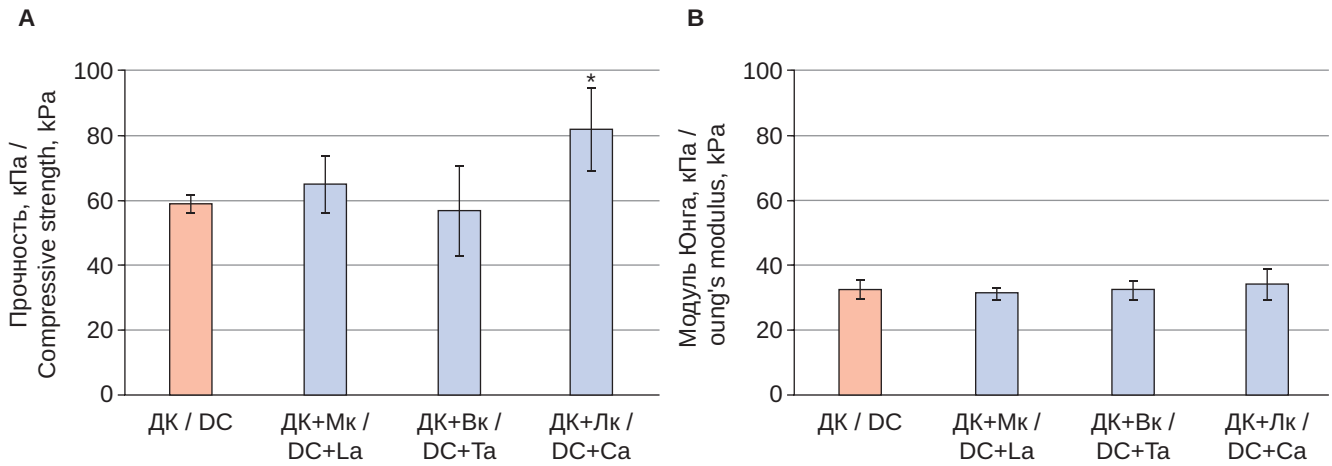


Рис. 2. Характеристика прочности (А) и Модуля Юнга (В) регидратированных ксерогелей денатурированного коллагена (ДК) и коллагена, обработанного молочной (ДК + Мк), винной (ДК + Вк) и лимонной (ДК + Лк) кислотами с последующим нагреванием до 150 °С в течение 16 часов. * — различия достоверны ($p < 0,05$, $n = 10$) по сравнению с ДК

Fig. 2. Compressive strength (A) and Young's modulus (B) of rehydrated xerogels from denatured collagen (DC) and collagen treated with lactic (DC + La), tartaric (DC + Ta) and citric (DC + Ca) acids followed by heating to 150 °C for 16 hours. * — differences are significant ($p < 0.05$, $n = 10$) compared to DC

Таблица 2. Характеристика механических свойств регидратированных ксерогелей, модифицированных карбоновыми кислотами и двухчасовой термической стабилизацией

Table 2. Characterization of mechanical properties of rehydrated xerogels modified with carboxylic acids and a two-hour thermal stabilization

Образец / Sample	Прочность, кПа / Compressive strength, kPa	Модуль Юнга, кПа / Young's modulus, kPa
ДК ₂ / DC ₂	20 ± 2	26 ± 8
ДК + Мк ₂ / DC + La ₂	24 ± 7	26 ± 6
ДК + Вк ₂ / DC + Ta ₂	9 ± 4*	21 ± 2
ДК + Лк ₂ / DC + Ca ₂	47 ± 15*	28 ± 4

Примечание: * — различия достоверны ($p < 0,05$, $n = 10$); ДК₂ — гидрогель из денатурированного коллагена, стабилизированный двухчасовой термической обработкой, ДК + Мк₂ — гидрогель из денатурированного коллагена, модифицированный молочной кислотой и стабилизированный двухчасовой термической обработкой, ДК + Вк₂ — гидрогель из денатурированного коллагена, модифицированный винной кислотой и стабилизированный двухчасовой термической обработкой, ДК + Лк₂ — гидрогель из денатурированного коллагена, модифицированный лимонной кислотой и стабилизированный двухчасовой термической обработкой.

Note: * — differences are significant ($p < 0.05$, $n = 10$); DC₂ is a hydrogel made from denatured collagen stabilized by a two-hour heat treatment, DC + La₂ is a hydrogel made from denatured collagen modified with lactic acid and stabilized by a two-hour heat treatment, DC + Ta₂ is a hydrogel made from denatured collagen modified with tartaric acid and stabilized by a two-hour heat treatment, DC + Ca₂ is a hydrogel made from denatured collagen modified with citric acid and stabilized by a two-hour heat treatment.

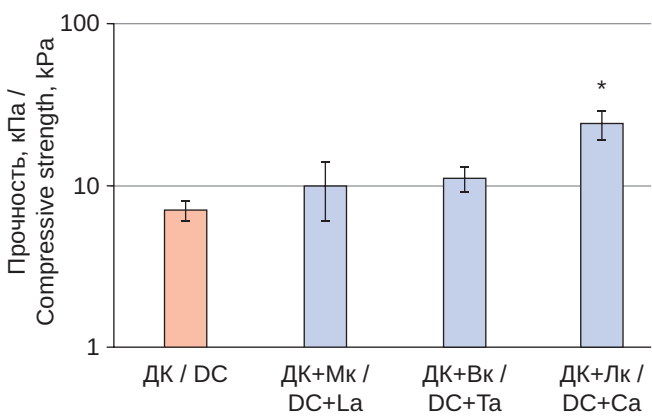


Рис. 3. Биодegradация ксерогелей денатурированного коллагена (ДК) и коллагена, обработанного молочной (ДК + Мк), винной (ДК + Вк) и лимонной (ДК + Лк) кислотами с последующим нагреванием до 150 °С в течение 16 часов. * — различия достоверны ($p < 0,05$, $n = 10$)

Fig. 3. Biodegradation of xerogels of denatured collagen (DC) and collagen treated with lactic (DC + La), tartaric (DC + Ta) and citric (DC + Ca) acids followed by heating to 150 °C for 16 hours. * — differences are significant ($p < 0.05$, $n = 10$)

На следующем этапе исследования оценивали биосовместимость ксерогелей при совместной инкубации с фибробластами человека. Через 24 часа культивирования клетки, инкубированные в стандартных условиях культивирования (контроль), приобретают веретеновидную форму, характерную для фибробластов (рис. 4А). Подобная трансформация происходит и с фибробластами, инкубированными с ДК, ДК + Мк и ДК + Вк (рис. 4В–Д). Установлено, что внесение ксерогеля ДК + Лк ингибирует трансформацию фибробластов в нормальный фенотип (рис. 4Е).

Анализ жизнеспособности фибробластов с использованием набора Calcein AM показал, что как в контроле (рис. 5А), так и при совместной инкубации с ксерогелями ДК (рис. 5В), ДК + Мк (рис. 5С), ДК + Вк (рис. 5Д),

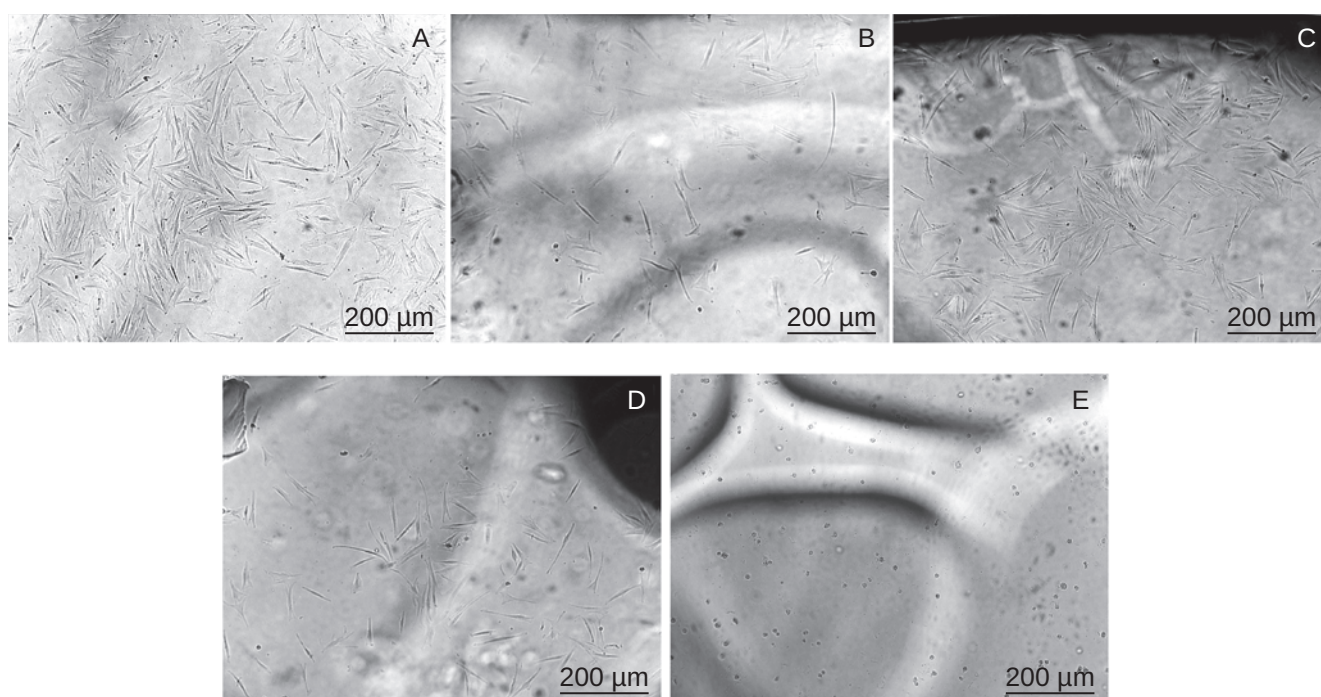


Рис. 4. Морфология фибробластов человека через 24 часа культивирования в стандартных условиях (А), при внесении в культуральную среду гидрогелей ДК (В), ДК + Мк (С), ДК + Вк (D) и ДК + Лк (Е); увеличение $\times 50$, размер шкалы 200 мкм, световая микроскопия

Fig. 4. Morphology of human fibroblasts after 24 hours of cultivation under standard conditions (A), with the addition of DK (B), DK + La (C), DK + Ta (D), and DK + Ca (E) hydrogels to the culture medium; magnification $\times 50$, scale size 200 μm , light microscopy

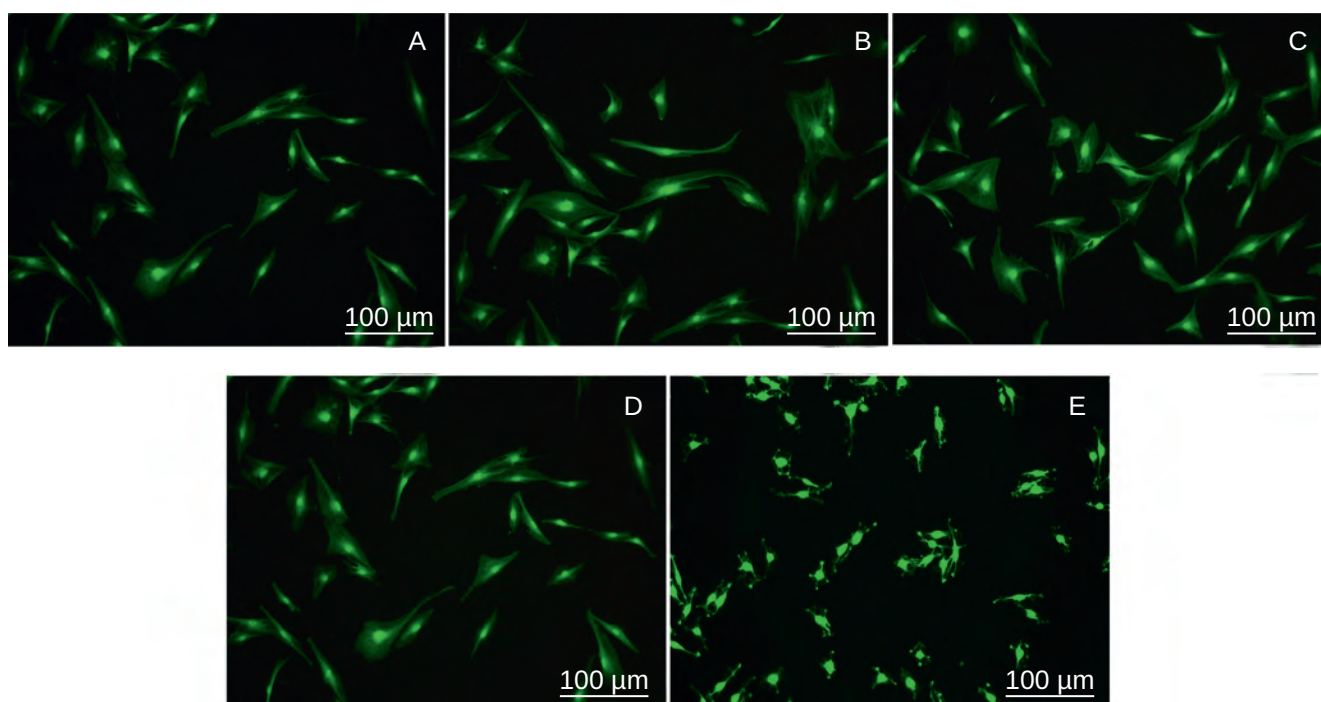


Рис. 5. Жизнеспособность фибробластов через 24 часа культивирования в стандартных условиях (А), при внесении в культуральную среду гидрогелей ДК (В), ДК + Мк (С), ДК + Вк (D) и ДК + Лк (Е); увеличение $\times 100$, размер шкалы 100 мкм, окрашивание Calcein AM

Fig. 5. Viability of fibroblasts after 24 hours of cultivation under standard conditions (A); with the addition of hydrogels DK (B), DK + La (C), DK + Ta (D) and DK + Ca (E) to the culture medium; magnification $\times 100$, scale size 100 μm , stained with Calcein AM

а также при инкубации с ДК + Лк (рис. 5Е) все клетки находятся в жизнеспособном состоянии. Таким образом, несмотря на задержку в клеточном росте, фибробласты, инкубированные совместно с ксерогелем, содержащим молочную кислоту, сохраняют жизнеспособность.

Таким образом, в проведенном исследовании оценивали возможность комплексного применения высокотемпературного воздействия и химической сшивки с использованием карбоновых кислот для создания биомиметических материалов медицинского назначения. Выявлено, что лимонная кислота, обладающая наибольшим количеством карбоксильных групп, усиливает механическую прочность ксерогеля независимо от продолжительности термического воздействия. Ксерогели, содержащие в своем составе карбоксильные кислоты, являются биodeградируемыми, при этом лимонная кислота повышает устойчивость ксерогеля к биodeградации. Полученные результаты по оценке биосовместимости ксерогелей из денатурированного коллагена, модифицированных карбоновыми кислотами, показывают, что внесение в состав молочной или винной кислот не оказывает влияние на рост и жизнеспособность фибробластов человека. В то же время ксерогели, содержащие в своем составе лимонную кислоту, ингибируют рост клеток, сохраняя при этом клетки в жизнеспособном состоянии.

Одним из основных факторов, ограничивающих применение коллагеновых гидрогелей в тканевой инженерии, являются его слабые механические свойства и высокая скорость биodeградации. В настоящее время ведется поиск методов повышения прочности и устойчивости коллагеновых гелей к биodeградации. Например, проводятся исследования по повышению прочности коллагеновых гидрогелей путем изменения кислотности [17], выравнивания микроструктуры матрицы коллагенового гидрогеля [18]. Сообщалось, что дозы облучения до 500 Гр увеличивают модуль упругости почти на 150 % [19]. С применением различных методов физического или химического воздействия удается увеличить напряжение разрушения до 16 кПа [20]. Включение в состав акрилатов и полиэтиленгликоля позволяет получить гидрогели прочностью до 140 кПа [21].

Таким образом, физико-химический метод стабилизации гидрогелевой матрицы, с использованием ли-

монной кислоты, позволяет получить ксерогель с механической прочностью и модулем продольной упругости, не уступающим по своим качествам гидрогелевым материалам, изготовленным с использованием сложных и дорогостоящих решений.

Микросреда, создаваемая ксерогелем, содержащим лимонную кислоту, не оказывает цитотоксического действия, но при этом препятствует росту и пролиферации фибробластов. Фибробласты — основные клетки, продуцирующие компоненты внеклеточного матрикса. При нормальных физиологических условиях фибробласты обеспечивают восстановление поврежденных тканей [22]. Однако при нарушениях в клеточном цикле и апоптозе фибробласты и миофибробласты могут вызывать прогрессирование фиброза, патологического состояния, характеризующегося чрезмерным отложением внеклеточного матрикса и рубцеванием тканей [23, 24]. Раскрытие способов регуляции функциональной активности фибробластов и деактивации фиброзных путей позволит разработать эффективные стратегии лечения поврежденных тканей с потенциальным риском фиброза.

В связи с этим изучение влияния ксерогелей, модифицированных трикарбоновыми кислотами, может быть перспективным направлением в области создания биоматериалов на немедикаментозной стимуляции регенерации тканей и профилактики образования келоидных рубцов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создан ксерогель на основе денатурированного коллагена с высокими прочностными характеристиками. Подобраны параметры термической обработки и концентрации карбоновых кислот для стабилизации механических свойств гидрогеля. Выявлено, что внесение в гидрогель из гидролизата коллагена лимонной кислоты и последующая высокотемпературная обработка позволяют повысить механическую прочность ксерогеля и его устойчивость к биodeструкции. Результаты исследования *in vitro* показали, что полученный материал может стать перспективной платформой для применения как в качестве внеклеточного скаффолда, так и в качестве самостоятельного биоматериала для заполнения объема утраченной ткани в результате оперативного вмешательства или ранения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

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

Рожкова Елена Анатольевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела биомедицинских технологий, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2440-9244>

Марков Павел Александрович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела биомедицин-

ских технологий, 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>

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: Ерёмин П.С. — анализ данных, верификация данных, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Рожкова Е.А. — проверка и редактирование рукописи,

руководство проектом; Марков П.А. — научное обоснование, методология, редактирование текста статьи, проверка и редактирование 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.

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

ADDITIONAL INFORMATION

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

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

Elena A. Rozhkova, D.Sc. (Biol.), Chief Researcher, Department of Biomedical Technologies, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2440-9244>

Pavel A. Markov, Ph.D. (Biol.), Leading Researcher, Department of Biomedical Technologies, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

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

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

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: Eremin P.S. — formal analysis, validation, writing — original draft, writing — review & editing; Rozhkova E.A. — writing — review & editing, supervision; Markov P.A. — conceptualization, methodology, 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.

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

Список литературы / References

- Amadeh A., Mohebbi N., Amadeh Z., Jamshidbeigi A. Comparative Efficacy of Autolytic and Collagenase-Based Enzymatic Debridement in Chronic Wound Healing: A Comprehensive Systematic Review. *Int Wound J.* 2025; 22(4): e70177. <https://doi.org/10.1111/iwj.70177>
- Марков П.А., Еремин П.С., Падерин Н.М. и др. 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. et al. 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.).]
- Кудряшова И.С., Марков П.А., Костромина Е.Ю. и др. Разработка раневых покрытий для регенеративной медицины. *Вестник восстановительной медицины.* 2021; 20(6): 84–95. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-6-84-95> [Kudryashova I.S., Markov P.A., Kostromina E.Yu. et al. Development of Wound Dressing for Regenerative Medicine. *Bulletin of Rehabilitation Medicine.* 2021; 20(6): 84–95. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-6-84-95> (In Russ.).]
- Le Corre-Bordes D., Hofman K., Hall B. Guide to electrospinning denatured whole chain collagen from hoki fish using benign solvents. *Int J Biol Macromol.* 2018; 112: 1289–1299. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.088>
- Ratnatilaka Na Bhuket P., Li Y., Yu S.M. From Collagen Mimetics to Collagen Hybridization and Back. *Acc Chem Res.* 2024; 57(12): 1649–1657. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.3c00772>
- Patil V.A., Masters K.S. Engineered Collagen Matrices. *Bioengineering (Basel).* 2020; 7(4): 163. <https://doi.org/10.3390/bioengineering7040163>
- Islam M.M., AbuSamra D.B., Chivu A., et al. Optimization of Collagen Chemical Crosslinking to Restore Biocompatibility of Tissue-Engineered Scaffolds. *Pharmaceutics.* 2021; 13(6): 832. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13060832>
- Cumming M.H., Leonard A.R., LeCorre-Bordes D.S., Hofman K. Intra-fibrillar citric acid crosslinking of marine collagen electrospun nanofibres. *Int J Biol Macromol.* 2018; 114: 874–881. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.03.180>
- Jayachandran B., Parvin T.N., Alam M.M., et al. Insights on Chemical Crosslinking Strategies for Proteins. *Molecules.* 2022; 27(23): 8124. <https://doi.org/10.3390/molecules27238124>
- Xu H., Sh. Li, Xu L., Yang Y. Low-temperature crosslinking of proteins using non-toxic citric acid in neutral aqueous medium: Mechanism and kinetic study. *Industrial Crops and Products.* 2015; 74: 234–240. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.010>
- Singh P., Baisthakur P., Yemul O.S. Synthesis, characterization and application of crosslinked alginate as green packaging material. *Heliyon.* 2020; 6(1): e03026. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03026>
- Shao Z., Shen D., Fan F., et al. Facile synthesis of chitosan-tartaric acid biosorbents for removal of Cu(II) and Cd(II) from water and tea beverages. *Int J Biol Macromol.* 2023; 241: 124533. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124533>
- Lu Y., Liu J., Ren B., et al. Room-temperature gelcasting of alumina with tartaric acid and glutaraldehyde. *Ceramics International.* 2020; 46(8): 11432–11435. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.01.119>
- Tan T., Zhou J., Gao X., et al. Synthesis, characterization and water-absorption behavior of tartaric acid-modified cellulose gel from corn stalk pith. *Industrial Crops and Products.* 2021; 169: 113641. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113641>
- Zan J., Qian G., Deng F., et al. Dilemma and breakthrough of biodegradable poly-L-lactic acid in bone tissue repair. *Journal of Materials Research and Technology.* 2022; 17: 2369–2387. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.01.164>
- Salihu R., Abd Razak S.I., Zawawi N.A., et al. Citric acid: A green cross-linker of biomaterials for biomedical applications. *European Polymer Journal.* 2021; 146: 110271. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110271>
- Antoine E.E., Vlachos P.P., Rylander M.N. Tunable collagen I hydrogels for engineered physiological tissue micro-environments. *PLoS One.* 2015; 10(3): e0122500. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122500>

18. Antman-Passig M., Levy S., Gartenberg C., et al. Mechanically Oriented 3D Collagen Hydrogel for Directing Neurite Growth. *Tissue Eng Part A*. 2017; 23(9–10): 403–414. <https://doi.org/10.1089/ten.TEA.2016.0185>
19. Landfeld A., Houška M., Skočilas J., et al. The Effect of Irradiation on Rheological and Electrical Properties of Collagen. *Applied Rheology*. 2016; 26(4): 35–41. <https://doi.org/10.3933/applrheol-26-43775>
20. Sarrigiannidis S.O., Rey J.M., Dobre O., et al. Salmeron-Sanchez M. A tough act to follow: collagen hydrogel modifications to improve mechanical and growth factor loading capabilities. *Mater Today Bio*. 2021; 10: 100098. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2021.100098>
21. Cosgriff-Hernandez E., Hahn M.S., Russell B. et al. Bioactive hydrogels based on Designer Collagens. *Acta Biomater*. 2010; 6(10): 3969–3977. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2010.05.002>
22. Tracy L.E., Minasian R.A., Caterson E.J. Extracellular Matrix and Dermal Fibroblast Function in the Healing Wound. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2016; 5(3): 119–136. <https://doi.org/10.1089/wound.2014.0561>
23. Lin H., Wang X., Chung M., Cai S., Pan Y. Direct fibroblast reprogramming: an emerging strategy for treating organic fibrosis. *J Transl Med*. 2025; 23(1): 240. <https://doi.org/10.1186/s12967-024-06060-3>
24. Mishra T., Wairkar S. Pathogenesis, attenuation, and treatment strategies for keloid management. *Tissue Cell*. 2025; 94: 102800. <https://doi.org/10.1016/j.tice.2025.102800>

Результативная схема последовательного применения курсов электростимуляции при дорсопатиях: результаты сравнительного исследования

 Кончугова Т.В.¹,  Агасаров Л.Г.^{1,2,*},  Апханова Т.В.¹,  Марфина Т.В.¹,
 Милойкович Т.П.¹,  Мухина А.А.¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

² Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Распространенность и тяжесть последствий дорсопатий позволяют отнести данные состояния в разряд значимых медико-социальных проблем. При этом их характерная устойчивость к стандартным методам воздействия обуславливает поиск новых лечебных схем.

ЦЕЛЬ. Анализ механизмов и оценка результативности системы последовательного курсового применения способов электростимуляции в лечении пациентов с пояснично-крестцовой дорсопатией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Под наблюдение было отобрано 90 пациентов в возрасте до 65 лет с затянувшимся обострением пояснично-крестцовой дорсопатии. Результаты клинично-рентгенологического анализа дополняли данными психологического и инструментального анализа. В первой фазе исследования пациенты были распределены на две группы, в которых выполняли стандартное лечение. Воздействие пациентам в 1-й группе сравнения из 30 человек ограничивалось, а во 2-й основной (60 человек) группе дополнительно использовали электроакупунктуру — активацию электрическим током ряда точек посредством внедренных в них акупунктурных игл. По истечении месяца пациентам был проведен курс чрескожной электростимуляции. При этом в группе сравнения, как и в 1/2 основной группы, выполняли истинное воздействие, тогда как в 1/2 основной группы — имитацию процедуры (без включения аппарата).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. По завершении первого этапа лечения выявлено достоверное преимущество в плане результативности основной группы над группой сравнения. Эти различия проявлялись в степени регресса неврологической симптоматики, включая динамику алгий, а также в улучшении психического и сосудистого фона. По истечении полугода только у пациентов, получавших курс чрескожной электростимуляции, по сравнению с плацебо воздействием, фиксировали устойчивость результатов, что сочеталось с достоверно меньшим количеством обострений вертеброгенного процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Доказано преимущество в плане эффективности и терапевтической надежности, последовательного применения курсов электростимуляции, что, видимо, объясняется формированием следовой реакции, характерной как для физио-, так и рефлексотерапии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пояснично-крестцовые дорсопатии, психологическое тестирование, инструментальный анализ, электроакупунктура, чрескожная электростимуляция

Для цитирования / For citation: Кончугова Т.В., Агасаров Л.Г., Апханова Т.В., Марфина Т.В., Милойкович Т.П., Мухина А.А. Результативная схема последовательного применения курсов электростимуляции при дорсопатиях: результаты сравнительного исследования. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):38–44. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-38-44> [Konchugova T.V., Agasarov L.G., Apkhanova T.V., Marfina T.V., Miloykovich T.P., Mukhina A.A. Effective Scheme of Sequential Application of Electrical Stimulation Courses in Dorsopathies: Comparative Study Results. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):38–44. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-38-44> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Агасаров Лев Георгиевич, E-mail: agasarovlg@nmicrk.ru

Статья получена: 06.03.2025
Статья принята к печати: 17.04.2025
Статья опубликована: 16.06.2025

Effective Scheme of Sequential Application of Electrical Stimulation Courses in Dorsopathies: Comparative Study Results

 Tatiana V. Konchugova¹,  Lev G. Agasarov^{1,2,*},  Tatiana V. Apkhanova¹,
 Tatyana V. Marfina¹,  Tatiana P. Miloykovich¹,  Anastasiya A. Mukhina¹

¹ National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The prevalence and severity of the consequences of dorsopathies allows us to classify these conditions as significant medical and social problems. At the same time, their characteristic resistance to standard methods of influence leads to the search for new treatment regimens.

AIM. To analyze the mechanisms and effectiveness of the system of sequential course application of electrical stimulation methods in the treatment of patients with lumbosacral dorsopathy.

MATERIALS AND METHODS. A total of 90 patients under the age of 65 with prolonged exacerbation of lumbosacral dorsopathy were selected for observation. The results of clinical and radiological analysis were supplemented by the data of psychological and instrumental analysis. In the first phase of the study, patients were divided into two groups, in which standard treatment was performed. In the 1st group, the comparison group of 30 people, the impact was limited, and in the 2nd, the main group (of 60 people), electroacupuncture was additionally used — the activation of a number of points with an electric current by means of acupuncture needles inserted into them. After a month, the patients independently underwent a cycle of non-invasive transcutaneous electrical stimulation. At the same time, in the comparison group, as in 1/2 of the main group, the true impact was performed, while in 1/2 — imitation, with the use of models.

RESULTS AND DISCUSSION. At the end of the first stage of treatment, a significant advantage in terms of effectiveness of the main one over the comparison group was revealed. These differences were manifested in the degree of regression of neurological symptoms, including the dynamics of algias, as well as in the improvement of mental and vascular levels. After six months, only in the 1/2 of the main group, where patients underwent true transcutaneous electrical stimulation, the stability of the results was recorded, which was combined with a significantly smaller number of exacerbations of the vertebrogenic process.

CONCLUSION. The advantage, in terms of effectiveness and therapeutic reliability, of the consistent use of electrical stimulation courses is primarily due to the formation of a trace reaction, characteristic of both physiotherapy and reflexology.

KEYWORDS: lumbosacral dorsopathies, psychological testing, instrumental analysis, electroacupuncture, transcutaneous electrical neurostimulation

For citation: Konchugova T.V., Agasarov L.G., Apkhanova T.V., Marfina T.V., Miloykovich T.P., Mukhina A.A. Effective Scheme of Sequential Application of Electrical Stimulation Courses in Dorsopathies: Comparative Study Results. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):38–44. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-38-44> (In Russ.).

* **For correspondence:** Lev G. Agasarov, E-mail: agasarovlg@nmicrk.ru

Received: 06.03.2025

Accepted: 17.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Распространенность и тяжесть последствий дорсопатий позволяют отнести данные состояния в разряд значимых медико-социальных проблем [1–6]. При этом их характерная устойчивость к стандартным методам воздействия обуславливает поиск новых лечебных схем, включающих в том числе методы точечной электростимуляции [7–12]. Одним из подобных является способ электроакупунктуры — подачи сигналов электрического тока на акупунктурные иглы, внедренные в область точек рефлексотерапии [1]. Несомненный интерес представляет и неинвазивный метод чрескожной электронейростимуляции (ЧЭНС) — раздражения небольших по площади зон импульсами тока с помощью портативных приборов [6, 10, 13, 14].

Отмеченные способы используют преимущественно в качестве компонентов лечебных комплексов [1], однако в случае дорсопатий отмечено повышение результативности воздействия в ответ на последовательное применение нескольких курсов ЧЭНС [15].

ЦЕЛЬ

Анализ механизмов и оценка результативности системы последовательного курсового применения способов электростимуляции в лечении пациентов с пояснично-крестцовой дорсопатией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находилось 90 пациентов (53 женщины и 37 мужчин в возрасте от 37 до 65 лет), получающих лечение в связи с затянувшимся обострением дорсопатии на пояснично-крестцовом уровне.

Критерии включения: рефлекторные и корешковые проявления пояснично-крестцовой дорсопатии, ограничение верхней возрастной границы 65 годами, информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии не включения: в качестве основных противопоказаний к рефлекторной терапии — новообразования, органная декомпенсация, лихорадочные состояния и др., в виде специфического ограничения — протрузии межпозвонковых дисков свыше 7 мм, ослож-

нения протекания заболевания в виде радикуломиелоишемии.

Критерии исключения: непонимание пациентом цели и задач исследования, отказ от дальнейшего участия в исследовании, а также ухудшение состояния, требующее другой терапии.

Подтверждение патологических сдвигов в структурах позвоночника осуществляли путем рентгеновского и томографического обследования. В ходе клинико-неврологического анализа [13] отдельно оценивали выраженность боли, используя при этом визуально-аналоговую шкалу. Психологический статус оценивали с помощью тестов «Многостороннее исследование личности» (МИЛ) и «Самочувствие, активность, настроение» (САН). В ходе инструментального анализа оценивали характеристики соматосенсорных вызванных потенциалов с помощью аппарата «Нейрон-Спект-4/ВПМ» (Нейрософт, Россия) путем регистрации радикулярного (P19), спинального (N21) и церебрального (P40) ответов. Помимо этого, выполняли термографию сегментарных и отдаленных областей (аппарат Aga-782, Agema) и тетраполярную реовазографию нижних конечностей (прибор «Биосет-6001»).

В первой фазе исследования пациенты были распределены на две группы, в которых выполняли стандартное медикаментозно-ортопедическое воздействие. При этом в 1-й группе сравнения из 30 человек воздействие им и ограничивалось. Во 2-й, основной группе, состоящей из 60 лиц, дополнительно использовали электроакупунктуру — подачу сигналов электрического тока (аппарат «МндЭП», Россия) на стальные акупунктурные иглы, введенные в сегментарные и отдаленные точки. Лечебный курс состоял из 10 ежедневно выполняемых процедур. В следующей фазе по истечении месяца после лечения пациентам был проведен курс ЧЭНС из 7 процедур, периодичность составила через день. При этом в группе сравнения, как и в первой половине основной группы (подгруппа «2-1»), выполняли истинное воздействие с помощью прибора «ДЭНАС-Вертебра-02» (Россия), тогда как в другой ее половине (подгруппа «2-2») — имитацию процедуры без включения аппарата в сеть. Катамнестический анализ выполняли через полгода по окончании цикла чрескожной электростимуляции.

Сравнительную эффективность воздействия оценивали, выделяя градации (значительное улучшение, улучшение, незначительное улучшение и ухудшение), выполняя при этом статистический анализ в рамках программы Statistica for Windows v.7.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате синдромологического распределения в 55 случаях были выявлены рефлекторные проявления, в 35 — радикулярные, преимущественно как следствие поражения корешка S1. Средняя выраженность болевых ощущений по визуально-аналоговой шкале у наблюдавшихся пациентов составила $3,5 \pm 0,05$ баллов при максимуме значений, равном 5 баллам.

Затяжное течение болевого синдрома и собственно вертеброгенного процесса приводило к формированию в 78 % наблюдений устойчивой астено-невротизации. Проявления ее нашли преломление в усредненном профиле МИЛ, отличающимся подъемом первой шкалы (в среднем до $72 \pm 0,65$ Т-баллов, достоверно превышая контрольные показатели) и умеренным превышением «нормы» правых позиций (в пределах 63 Т-баллов). Параллельно отмечено равномерное снижение показателей теста САН: в среднем до 38–40 баллов при контрольных значениях в 50 баллов.

В ходе исследования была выявлена недостаточная информативность соматосенсорных вызванных потенциалов при рефлекторных синдромах. Однако в случае корешковых расстройств оценка данных ответов приобретала диагностическое значение. При этом на «пораженной» стороне (проекции компримированного корешка) отмечено достоверное ($p < 0,05$) удлинение латентных периодов всех трех пиков у абсолютного большинства пациентов. Сама асимметрия латенций, составившая 2,2 мс и более, свидетельствовала в пользу нарушения проводимости по дистальному отрезку периферической нервной системы (смещение пика P19), и при замедленности как спинального (N21), так и первичного церебрального ответов (P40).

Данные термографии в виде повышения температуры в поясничной области ($\Delta t = 1,31 \pm 0,1$ °C) и ее падения ($\Delta t = 1,39 \pm 0,041$ °C) в области голени и стоп со стороны «поражения» косвенно свидетельствовали в пользу формирования рефлекторных вазоспастических реакций. Эти сведения согласовывались с ограничением кровенаполнения нижних конечностей при снижении ($p < 0,05$) реографического индекса до $0,035 \pm 0,006$ Ом.

В первой фазе работы, по завершении лечения, выявлено достоверное преимущество в плане результативности основной группы над группой сравнения. В частности, суммарные цифры улучшения в данных группах составили 70 % и 53,3 % соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Эффективность воздействия
Table 1. Exposure effectiveness

Группы / Groups	Эффективность / Effectiveness							
	Значительное улучшение / Significant improvement		Улучшение / Enhancement		Незначительное улучшение / Slight improvement		Ухудшение / Deterioration	
	Абс. / Abs.	%	Абс. / Abs.	%	Абс. / Abs.	%	Абс. / Abs.	%
1 (n = 30)	7	23,3	9	30	13	43,4	1	3,3
2 (n = 60)	20	33,3	22	36,7	17	28,3	1	1,7
Критерий Пирсона χ^2 / Pearson's chi-squared test χ^2					$\chi^2_{1,2} = 13,4$ ($p < 0,05$)			

Различия проявлялись и в степени регресса неврологической симптоматики в группах, включая динамику выраженности алгий (табл. 2).

Эти данные хорошо согласовывались с тенденцией к восстановлению психического статуса лиц основной группы, что подтверждалось снижением ($p < 0,05$) исходного подъема по 1-й шкале МИЛ в среднем с $72 \pm 0,65$ до $63 \pm 0,6$ Т-баллов при удовлетворительном соотношении правых позиций профиля. Рост усредненных показателей САН на 15–18 % свидетельствовал, до известной степени, о дезактуализации тревожных и ипохондрических реакций.

Что касается показателей соматосенсорных вызванных потенциалов, то ни в одной из групп не было выявлено статистически значимых изменений со стороны динамики латентных периодов ответов, что ограничивает использование данного диагностического метода в качестве предиктора эффективности.

При анализе динамики показателей термограмм области голени (табл. 3) были выявлены достоверные изменения этих показателей только у пациентов основной группы, отражая, таким образом, феномен обратного развития сосудистых реакций.

Соответственно, в данной группе прослеживалась тенденция к восстановлению сосудистого реагирования (табл. 4), подтвержденная результатами реовазографии области голени.

Таким образом, непосредственно по завершении первого этапа исследования установлено терапевтическое преимущество основной группы над группой сравнения. Однако уже по истечении полугода только в той половине основной группы, которая получала курсы ЧЭНС, в отличие от подгруппы плацебо, отмечена значимая устойчивость результатов. Соответственно, это сопровождалось достоверно меньшим количеством обострений основного процесса (табл. 5).

Эти данные согласовывались со сведениями об относительной устойчивости достигнутых эффектов именно у пациентов той половины основной группы, которые получали истинное воздействие ЧЭНС. В качестве наиболее демонстративных в таблице 6 представлены временные изменения уровня боли.

Как следует из таблицы, только в результативной части основной группы усиление боли в полугодичном периоде было не столь выражено, как в подгруппе плацебо.

Таблица 4. Динамика показателей реовазограмм голени ($M \pm m$)

Table 4. Dynamics of shin rheovasogram parameters ($M \pm m$)

Группы / Groups	Показатели реограмм области голени / Indicators rheogram values					
	Реографический индекс, Ом / Rheographic index, Ом		Диастолический индекс / Diastolic index		Время падения, сек / Falling time, sec	
	до лечения / before treatment	после лечения / after treatment	до лечения / before treatment	после лечения / after treatment	до лечения / before treatment	после лечения / after treatment
1 ($n = 24$)	$0,035 \pm 0,006$	$0,039 \pm 0,007$	$0,34 \pm 0,05$	$0,34 \pm 0,06$	$0,12 \pm 0,009$	$0,12 \pm 0,01$
2 ($n = 35$)	$0,036 \pm 0,005$	$0,049 \pm 0,005$	$0,33 \pm 0,06$	$0,35 \pm 0,08$	$0,12 \pm 0,009$	$0,11 \pm 0,01$
Контроль / Control	$0,065 \pm 0,007$		$0,38 \pm 0,05$		$0,0 \pm 0,008$	

Таблица 2. Регресс интенсивности боли согласно визуально-аналоговой шкале ($M \pm m$)

Table 2. Pain intensity regression, according to the visual analog scale ($M \pm m$)

Группы / Groups	Уровень боли, баллы / Pain level, scores	
	до лечения / before treatment	после лечения / after treatment
1 ($n = 30$)	$3,5 \pm 0,071$	$1,9 \pm 0,039$
2 ($n = 60$)	$3,6 \pm 0,042$	$1,4 \pm 0,031^*$

Примечание: * — достоверность ($p < 0,05$) внутригрупповых изменений показателей.

Note: * — reliability ($p < 0.05$) of within-group changes in the indicators.

Таблица 3. Регресс выраженности термоасимметрии ($M \pm m$)

Table 3. Regression of thermoasymmetry expression ($M \pm m$)

Группы / Groups	Термоасимметрия в зоне голени ($\Delta t^\circ\text{C}$) / Thermoasymmetry in the lower leg area ($\Delta t^\circ\text{C}$)	
	до лечения / before treatment	после лечения / after treatment
1 ($n = 28$)	$1,35 \pm 0,10$	$1,20 \pm 0,14$
2 ($n = 42$)	$1,35 \pm 0,12$	$0,95 \pm 0,13^*$

Примечание: * — достоверность ($p < 0,05$) динамических изменений по каждой группе.

Note: * — reliability ($p < 0.05$) of dynamic changes for each group.

Таблица 5. Количество обострений в группах

Table 5. Number of exacerbations in groups

Группы / подгруппы / Groups / subgroups	Частота обострений / Frequency of exacerbations	
	Абс. / Abs.	%
1	10/26	38,4
2 («2–1»)	6/27	22,2
2 («2–2»)	8/26	30,7

Примечание: в числителе — число обострений, в знаменателе — количество осмотренных пациентов в группе.

Note: in the numerator — number of exacerbations, in the denominator — number of examined patients in the group.

Таблица 6. Интенсивность боли согласно визуально-аналоговой шкале в отдаленном периоде ($M \pm m$)
Таблица 6. Pain intensity according to the visual analog scale in the remote period ($M \pm m$)

Группы / подгруппы / Groups / subgroups	Уровень боли, баллы / Pain level, scores	
	после лечения / after treatment	через полгода / six months later
1	1,9 ± 0,039	2,5 ± 0,059*
2 («2–1»)	1,4 ± 0,029	1,7 ± 0,044
2 («2–2»)	1,3 ± 0,031	1,9 ± 0,041

Примечание: * — достоверность ($p < 0,05$) внутригрупповых изменений показателей.
Note: * — reliability ($p < 0.05$) of intragroup changes of indicators.

Сопоставимая картина наблюдалась и в ходе термографического обследования (табл. 7).
Сходные сдвиги в полугодичном интервале претерпевали и параметры реографии: если в подгруппе «2–1» они изменялись незначительно, то в других свидетельствовали в пользу нарастания вазорефлекторных реакций. Сопоставимый анализ этих характеристик представлен в таблице 8.
В целом и на данном этапе исследования отмечено преимущество предложенной схемы лечебного воздействия, включающей последовательное назначение на фоне стандартного лечения курса электроакупунктуры с проведением через месяц дополнительного курса ЧЭНС.

Таблица 8. Последовательность изменений показателей реовазограмм голеней ($M \pm m$)
Таблица 8. Sequence of changes in indices of lower leg rheovasograms ($M \pm m$)

Группы / подгруппы / Groups / subgroups	Показатели / Indicators					
	Реографический индекс, Ом / Rheographic index, Ом		Диастолический индекс / Diastolic index		Время падения, сек / Falling time, sec	
	после лечения / after treatment	через полгода / six months later	после лечения / after treatment	через полгода / six months later	после лечения / after treatment	через полгода / six months later
1	0,039 ± 0,007	0,035 ± 0,008	0,34 ± 0,06	0,32 ± 0,07	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,005
2 («2–1»)	0,049 ± 0,005	0,047 ± 0,007	0,35 ± 0,07	0,34 ± 0,08	0,11 ± 0,008	0,11 ± 0,008
2 («2–2»)	0,049 ± 0,005	0,041 ± 0,006	0,35 ± 0,06	0,32 ± 0,05	0,11 ± 0,008	0,12 ± 0,007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Кончугова Татьяна Венедиктовна, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-8988>
Агасаров Лев Георгиевич, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава

Таблица 7. Выраженность термоасимметрии в оставленном периоде ($M \pm m$)
Таблица 7. Expression of thermoasymmetry in the abandoned period ($M \pm m$)

Группы / подгруппы / Groups / subgroups	Термоасимметрия в зоне голеней ($\Delta t^{\circ}C$) / Thermoasymmetry in the lower leg area ($\Delta t^{\circ}C$)	
	после лечения / after treatment	через полгода / six months later
1	1,20 ± 0,14	1,30 ± 0,11*
2 («2–1»)	0,99 ± 0,12	1,11 ± 0,12
2 («2–2»)	0,95 ± 0,13	1,17 ± 0,11

Примечание: * — достоверность ($p < 0,05$) изменений по каждой группе.
Note: * — reliability ($p < 0.05$) of changes for each group.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преимущество в плане терапевтической надежности двух последовательно выполненных вариантов электростимуляции может объясняться ролью следовой реакции, обеспечивающей кумуляцию эффектов. В этой связи подчеркнем, что стойкий результат достигается в случае регулярного (курсового) физиотерапевтического воздействия, причем его продолжительность зависит от вида и интенсивности физической энергии [16].
В свою очередь само исследование открывает перспективы оптимизации программ коррекции при вертеброгенной патологии.

России; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет).
E-mail: agasarovlg@nmicrk.ru;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5218-1163>
Апханова Татьяна Валерьевна, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3852-2050>

Марфина Татьяна Владимировна, научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2553-1946>

Милойкович Татьяна Петровна, ведущий специалист, научно-организационный отдел, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0016-9622>

Мухина Анастасия Александровна, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, отдел физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8960-4318>

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: Кончугова Т.В. — научное обоснование, методология, проверка и редактирование рукописи; Агасаров Л.Г. — руководство проектом, научное обоснование, методология, проведение исследования, верификация данных, анализ данных, написание черновика рукописи; Апханова Т.В. — методология, обеспечение материалов для исследования; Марфина Т.В. — обеспече-

ние материалов для исследования, верификация данных; Милойкович Т.П. — проверка и редактирование рукописи; Мухина А.А. — обеспечение материалов для исследования, верификация данных.

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

Конфликт интересов. Кончугова Т.В. — заместитель главного редактора журнала «Вестник восстановительной медицины», Агасаров Л.Г. — член редакционной коллегии журнала «Вестник восстановительной медицины», Апханова Т.В. — научный редактор журнала «Вестник восстановительной медицины», Милойкович Т.П. — технический редактор журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

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.

Информированное согласие. В исследовании не раскрывается сведений, позволяющих идентифицировать личность пациента(ов). От всех пациентов (законных представителей) было получено письменное согласие на публикацию всей соответствующей медицинской информации, включенной в рукопись.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Tatiana V. Konchugova, D.Sc. (Med.), Professor, Chief Researcher of the Department of Physiotherapy and Reflexotherapy, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-8988>

Lev G. Agasarov, D.Sc. (Med.), Professor, Chief Researcher, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Professor at the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

E-mail: agasarovlg@nmicrk.ru;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5218-1163>

Tatiana V. Apkhanova, D.Sc. (Med.), Chief Researcher, Department of Physiotherapy and Reflexotherapy, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3852-2050>

Tatyana V. Marfina, Researcher, Department of Physiotherapy and Reflexotherapy, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2553-1946>

Tatiana P. Miloykovich, Leading Specialist, Scientific and Organizational Department, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0016-9622>

Anastasiya A. Mukhina, Ph.D. (Med.), Leading Researcher, Department of Physiotherapy and Reflexology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8960-4318>

Author Contributions. All authors confirm their authorship in accordance with the international criteria of the ICMJE

(all authors have made significant contributions to the concept, design of the study and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Konchugova T.V. — conceptualization, methodology, writing — review & editing; Agasarov L.G. — supervision, conceptualization, methodology, investigation, validation, formal analysis, writing — original draft, writing — review & editing; Apkhanova T.V. — methodology, resources; Marfina T.V. — resources, validation; Miloykovich T.P. — writing — review & editing; Mukhina A.A. — resources, validation.

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

Disclosure. Konchugova T.V. — Deputy Editor-in-Chief of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal, Agasarov L.G. — Member of Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal, Apkhanova T.V. — Scientific Editor of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal, Miloykovich T.P. — Technical Editor of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal. The other authors state that there is no conflict of interest.

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.

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patient(s). Written consent was obtained from all patients (legal representatives) for publication of all relevant medical information included in the manuscript.

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

Список литературы / References

- Агасаров Л.Г. Рефлексотерапия при распространенных заболеваниях нервной системы. Москва: Издательство «Арнебия». 2017; 240 с. [Agasarov L.G. Reflexotherapy for common diseases of the nervous system. Moscow: Arnebia Publishing House. 2017; 240 p. (In Russ.).]
- Древалъ О.Н., Кузнецов А.В., Чехонацкий В.А. и др. Патогенетические аспекты и факторы риска развития рецидива грыжи диска поясничного отдела позвоночника: обзор литературы. Хирургия позвоночника. 2021; 18(1): 47–52. <https://doi.org/10.14531/ss2021.1.47-52> [Dreval O.N., Kuznetsov A.V., Chekhonatsky V.A., et al. Pathogenetic aspects and risk factors for recurrent lumbar disc herniation: literature review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2021; 18(1): 47–52. <https://doi.org/10.14531/ss2021.1.47-52> (In Russ.).]
- Исайкин А.И., Акарачкова Е.С., Исайкина О.Ю. и др. Боль в спине: клинические рекомендации. Санкт-Петербург: ООО «Скифия-принт». 2021. 80 с. [Isaikin A.I., Akarachkova E.S., Isaikina O.Yu., et al. Back pain. Clinical guidelines. Saint Petersburg: Scythia-Print LLC. 2021. 80 p. (In Russ.).]
- Каратеев А.Е. Хроническая скелетно-мышечная боль: патогенез, особенности клиники, возможности терапии. Клиническая медицина. 2022; 11–12: 527–534. <https://doi.org/10.30629/0023-2149-2022-100-11-12-527-534> [Karateev A.E. Chronic musculoskeletal pain: pathogenesis, clinical features, therapy possibilities. Clinical Medicine (Russian Journal). 2022; 11–12: 527–534. <https://doi.org/10.30629/0023-2149-2022-100-11-12-527-534> (In Russ.).]
- Нувахова М.Б. Инновационные технологии в санаторно-курортном лечении пациентов при дорсопатии. Вестник восстановительной медицины. 2020; 6(100): 66–74. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-66-74> [Nuvakhova M.B. Innovative Technologies in the Health-Resort Treatment of Patients with Dorsopathy. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2020; 6(100): 66–74. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-66-74> (In Russ.).]
- Шейко Г.Е., Белова А.Н., Карякин Н.Н. и др. Организация дистанционной реабилитации в Российской Федерации: обзор литературы. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(4): 114–128. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-114-128> [Sheiko G.E., Belova A.N., Karyakin N.N., et al. Organization of Remote Rehabilitation in the Russian Federation: a Literature Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(4): 114–128. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-114-128> (In Russ.).]
- Агасаров Л.Г., Кончугова Т.А., Дробышев В.А. и др. Точечная электростимуляция в практике медицинской реабилитации. Москва: Издательство «Гэотар». 2025; 56 с. [Agasarov L.G., Konchugova T.A., Drobyshev V.A., et al. Acupoint electrical stimulation in the practice of medical rehabilitation. Moscow: Geotar Publishing House. 2025; 56 p. (In Russ.).]
- Агасаров Л.Г., Кончугова Т.А., Апханова Т.В. и др. Общие вопросы точечной электростимуляции (введение в проблему). Вестник новых медицинских технологий. 2024; 2: 82–86. <https://doi.org/10.24412/1609-2163-2024-2-82-86> [Agasarov L.G., Konchugova T.V., Apkhanova T.V., et al. General issues of spot electrical stimulation (problem introduction). Journal of New Medical Technologies. 2024; 2: 82–86 (In Russ.).]
- Агасаров Л.Г., Саакян Э.С., Кончугова Т.В. и др. Точечная лекарственная стимуляция: рандомизированное исследование 90 пациентов с дорсопатией пояснично-крестового отдела. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(1): 80–86. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-1-80-86> [Agasarov L.G., Sahakyan E.S., Konchugova T.V., et al. Spot Drug Stimulation: a Randomized Study of 90 Patients with Lumbosacral Dorsopathies. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(1): 80–86. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-1-80-86> (In Russ.).]
- Дробышев В.А., Шпагина Л.А., Рявкин С.Ю. и др. Клинико-функциональные аспекты применения динамической электростимуляции. Екатеринбург. 2020; 212 с. [Drobyshev V.A., Shpagina L.A., Ryavkin S.Yu., et al. Clinical and functional aspects of the therapeutic application of dynamic electroneurostimulation. Ekaterinburg. 2020; 212 p. (In Russ.).]
- Косарева Л.Б., Федоренко С.И., Перов Ю.Ф. Чрескожная электро-нейростимуляция в терапии болевых синдромов: методическое пособие. Москва. 2020. 52 с. [Kosareva L.B., Fedorenko S.I., Perov Y.F. Percutaneous electro-neurostimulation in the therapy of pain syndromes: a methodical manual. Moscow. 2020. 52 p. (In Russ.).]
- Хан М.А., Погонченкова И.В., Тальковский Е.М. и др. Методы электростимуляции при сколиозе у детей: обзор литературы. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(5): 116–124. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-5-116-124> [Khan M.A., Pogonchenkova I.V., Talkovsky E.M., et al. Electrical Stimulation Methods for Scoliosis in Children: a Literature Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(5): 116–124. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-5-116-124> (In Russ.).]
- Кончугова Т.А., Апханова Т.В., Кульчицкая Д.Б., Агасаров Л.Г. Применение чрескожной электростимуляции в лечебных комплексах при дорсопатиях. Вестник новых медицинских технологий (электронное издание). 2024; 18(3): 116–120. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2024-3-3-7> [Konchugova T.V., Kulchitskaya D.B., Apkhanova T.V., Agasarov L.G. application of percutaneous electrical nerve stimulation in therapeutic complexes for dorsopathies. Journal of new medical technologies, Edition. 2024; 18(3): 116–120. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2024-3-3-7> (In Russ.).]
- Разумов А.Н., Василенко А.М., Бобровницкий И.П. и др. Динамическая электростимуляция. Екатеринбург. 2008; 139 с. [Razumov A.N., Vasilenko A.M., Bobrovnikitsky I.P., et al. Dynamic electrical neurostimulation. Ekaterinburg. 2008; 139 p. (In Russ.).]
- Агасаров Л.Г., Кончугова Т.А., Кульчицкая Д.Б. и др. Система курсового применения чрескожной электростимуляции в лечебно-реабилитационных комплексах при дорсопатиях. Врач. 2024; 8: 84–87. <https://doi.org/10.29296/25877305-2024-08-17> [Agasarov L.G., Konchugova T.V., Kulchitskaya D.B., et al. System of course application of transcutaneous electrical neurostimulation in therapeutic and rehabilitation complexes for dorsopathies. Vrach (The Doctor). 2024; 8: 84–87. <https://doi.org/10.29296/25877305-2024-08-17> (In Russ.).]
- Улащик В.С. Общие принципы лечебно-профилактического использования физических факторов. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2003; 5: 3–11. [Ulashchik V.C. General principles of therapeutic and prophylactic use of physical factors. Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy. 2003; 5: 3–11 (In Russ.).]

Особенности вегетативного обеспечения сердечной деятельности у волейболистов с нарушением слуха: продольное сравнительное исследование

 **Максимова А.С.***,  **Литовченко О.Г.**

Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Занятия игровыми видами спорта являются значимой частью коррекционных мероприятий для спортсменов с нарушением слуха. Однако необходимо учитывать направленность и интенсивность физических нагрузок у депривированных по слуху лиц, поскольку спортивная деятельность может оказывать модулирующее влияние на функционирование системы кровообращения, вегетативный баланс организма спортсменов.

ЦЕЛЬ. Определить особенности вариабельности сердечного ритма и реактивности вегетативной нервной системы в регуляции сердечного ритма у спортсменов с нарушением слуха.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В продольном контролируемом исследовании были обследованы спортсмены-волейболисты мужского пола ($26,42 \pm 1,38$ лет) высокой спортивной квалификации с врожденным нейросенсорным нарушением слуха. Группа сравнения была представлена волейболистами мужского пола без нарушений слуха. Дизайн исследования включал обследование волейболистов в восстановительный и соревновательный этапы спортивной подготовки. Исследования вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы осуществлялись на основе пятиминутной записи кардиоинтервалов (КИ) в горизонтальном положении обследуемых при помощи комплекса «Поли-Спектр-12/Е» по общепринятому протоколу исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Показано, что восстановительный этап спортивной подготовки у волейболистов с нарушением слуха характеризовался низким индексом напряжения регуляторных систем (SI — 69,52 усл. ед.), значения показателей HR (69,05 уд./мин), SDNN (58,50 мс), pNN50 (17,80 %), Mo (0,87 сек), AMo (35,85 %), BP (0,35 сек), TP (3258,00 мс²) находились в пределах нормотонии. Соревновательный этап подготовки у спортсменов с нарушением слуха сопровождался достоверным повышением показателей SDNN (143,00 мс), Mo (1,07 сек), BP (0,94 сек), TP (6078,00 мс²), VLF (3968,00 мс²), LF (1577,00 мс²) и снижением индекса напряжения (SI — 15,76 усл. ед.) по сравнению с группой волейболистов без нарушения слуха. Вне зависимости от этапа спортивной подготовки в спектре КИ доминировал гуморально-метаболический канал регуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Вегетативный статус у волейболистов с нарушением слуха в восстановительный период характеризовался умеренным доминированием автономного контура регуляции с высокой активностью гуморально-метаболических каналов регуляции ритма сердца. В соревновательный период отмечены значимые различия вегетативного обеспечения у спортсменов с нарушением слуха, которые характеризовались высокой вариативностью и мощностью спектра КИ, развитием выраженной парасимпатикотонии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: спортсмены с нарушением слуха, вариабельность сердечного ритма, функциональное состояние

Для цитирования / For citation: Максимова А.С., Литовченко О.Г. Особенности вегетативного обеспечения сердечной деятельности у волейболистов с нарушением слуха: продольное сравнительное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):45–53. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-45-53> [Maksimova A.S., Litovchenko O.G. Special Aspects of Vegetative Support of Cardiac Activity in Volleyball Players with Hearing Impairment: a Longitudinal Comparative Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):45–53. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-45-53> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Максимова Анна Сергеевна, E-mail: maksimova_as@surgu.ru

Статья получена: 06.08.2024

Статья принята к печати: 03.02.2025

Статья опубликована: 16.06.2025

Special Aspects of Vegetative Support of Cardiac Activity in Volleyball Players with Hearing Impairment: a Longitudinal Comparative Study

 Anna S. Maksimova*,  Olga G. Litovchenko

Surgut State University, Surgut, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Team sports are an important part of adapting activities for athletes with hearing impairment. However, it is necessary to take into account the focus and intensity of physical activity in athletes with hearing impairment, since sports activities can have a modulating effect on the functioning of the circulatory system, the vegetative balance of the athlete's body.

AIM. To study the features of heart rate variability and reactivity of the autonomic nervous system in the regulation of heart rate in athletes with hearing impairment.

MATERIALS AND METHODS. Male highly qualified volleyball athletes with congenital sensorineural hearing impairment (26.42 ± 1.38 years old) were examined in a longitudinal controlled study. The comparison group was represented by male volleyball players without hearing impairment. The design of the study included a survey of volleyball players in the transition and competitive phases of sports training. Studies of the autonomic regulation of the cardiovascular system were carried out on the basis of a five-minute recording of cardiac intervals in a horizontal position of the subjects using the Poly-Spectrum-12/E complex according to the generally accepted research protocol.

RESULTS AND DISCUSSION. The study shows that the transition phases of sports training in volleyball players with hearing impairment was characterized by a low stress index (SI — 69.52 arb. unit). The values of HR (69.05 bpm), SDNN (58.50 ms), pNN50 (17.80 %), Mo (0.87 sec), AMo (35.85 %), CV (0.35 sec), PSD (3258.00 ms²) were within the normotonia. The competitive stage of training for athletes with hearing impairment was accompanied by a significant increase in SDNN (143.00 ms), Mo (1.07 sec), CV (0.94 sec), PSD (6078.00 ms²), VLF (3968.00 ms²), LF (1577.00 ms²) and a decrease in the stress index (15.76 arb. unit) compared with the group of volleyball players without hearing impairment. Regardless of the stage of sports training, the humoral-metabolic channel of regulation dominated the spectrum of cardionetrvals.

CONCLUSION. The vegetative status of volleyball players with hearing impairment during the recovery period was characterized by moderate dominance of the autonomous regulation circuit with high activity of humoral and metabolic channels of heart rhythm regulation. During the competition period, significant differences in vegetative support were noted in athletes with hearing impairment, which were characterized by high variability and power of the spectrum of cardiointervals, the development of pronounced parasympathicotonia.

KEYWORDS: athletes with hearing impairment, heart rate variability, functional state

For citation: Maksimova A.S., Litovchenko O.G. Special Aspects of Vegetative Support of Cardiac Activity in Volleyball Players with Hearing Impairment: a Longitudinal Comparative Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):45–53. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-45-53> (In Russ.).

* **For correspondence:** Anna S. Maksimova, E-mail: maksimova_as@surgu.ru

Received: 06.08.2024

Accepted: 03.02.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

На сегодня известно, что нарушение слуха не только является самостоятельным заболеванием, но и оказывает влияние на деятельность многих систем организма человека. Лица, страдающие нарушением слуха, обладают смещенными сенситивными периодами физического развития, медленнее овладевают двигательными навыками, демонстрируют неуверенность и недостаточно точную координацию движений, испытывают затруднения в поддержании динамического и статического равновесия [1]. Вследствие этого организм депривированного по слуху человека развивается, как правило, в условиях ограниченной физической активности, вызывающей раннее развитие артериальной жесткости, снижение компенсаторных ресурсов работы сердца, риск увлечения артериального давления. Кроме того, у нетренированных лиц с нарушением слуха зафиксированы недостаточная легочная вентиляция и более высокий уровень напряжения адаптивных механизмов сердечно-сосудистой системы, преобладание симпати-

ческих влияний по сравнению со слышащими сверстниками [2]. При подобном сочетании регулирующих механизмов чрезмерные и нерациональные физические нагрузки для нетренированных лиц с нарушением слуха могут носить стрессогенный характер.

Спорт высших достижений характеризуется высокоинтенсивными тренировочными и соревновательными нагрузками, приводящими к предельной мобилизации функциональных резервов организма [3, 4]. Успешность и эффективность тренировочного процесса тесно связаны с соответствием физических нагрузок текущему функциональному состоянию спортсмена [5]. Достижение высоких спортивных результатов зависит от эффективности управления подготовкой спортсменов. Однако недостаточно изучены вопросы состояния регулирующих систем организма у спортсменов с нарушением слуха при профессиональных занятиях игровыми видами спорта. В связи с этим крайне важен индивидуальный подход к процессу медико-биологического сопровождения тренировочного процесса и диагно-

стики деятельности висцеральных систем, их физиологических и адаптационных резервов у спортсменов, испытывающих сочетанное воздействие интенсивной спортивной нагрузки при врожденных нарушениях слуховой афферентации.

ЦЕЛЬ

Определить особенности вариабельности сердечного ритма и реактивности вегетативной нервной системы в регуляции сердечного ритма у спортсменов с нарушением слуха.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В продольном контролируемом исследовании приняли участие спортсмены-волейболисты мужского пола в возрасте $26,42 \pm 1,38$ лет высокой спортивной квалификации (кандидаты в мастера спорта, мастера спорта международного класса) с врожденным нейросенсорным нарушением слуха, имеющие спортивный стаж более 10 лет. Волейболисты с нарушением слуха не проходили процедуру кохлеарной имплантации и не использовали слуховые аппараты. Основным способом общения являлся русский жестовый язык. В качестве группы сравнения были обследованы волейболисты мужского пола высокой спортивной квалификации без нарушений слуха. Дизайн исследования включал обследование волейболистов в восстановительный и соревновательный этапы спортивной подготовки.

Запись кардиоинтервалов (КИ) проводилась в горизонтальном положении обследуемого в течение пяти минут при помощи комплекса «Поли-Спектр-12/Е» (ООО «Нейрософт», Иваново). Анализ вариабельности сердечного ритма проводили по общепринятой методике в соответствии с рекомендациями группы российских экспертов [6, 7] и регистрировали следующие показатели: HR — частота сердечных сокращений, SDNN — среднее квадратичное отклонение, pNN50 — встречаемость КИ с разницей более чем 50 мс, Мо — мода, АМо — амплитуда моды, BP — вариационный размах, TP — общая мощность спектра, VLF — спектральные волны очень низкой частоты, LF — спектральные волны низкой частоты, HF — спектральные волны высокой частоты, LF/HF — коэффициент вагосимпатического баланса, SI — индекс напряжения регуляторных механизмов.

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием пакета программ statistica 10.0. Результаты описательной статистики были представлены межквартильным размахом [Q_1 ; Q_3]. Для определения нормальности выборок генеральной совокупности использовали критерии Шапиро — Уилка. Для сравнения двух независимых выборок, подчиненных ненормальному распределению, использовали методы U-критерия Манна — Уитни; для сравнения двух зависимых выборок применяли критерий Вилкоксона. При сравнении процентных долей применяли точный двусторонний критерий Фишера и определяли отношение шансов с поправкой Вульфа — Холдейна. Уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании принимали равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для построения учебно-тренировочного процесса с адекватными физическими нагрузками важно пони-

мать текущий функциональный статус и резерв сердечно-сосудистой системы спортсменов на основных этапах спортивной подготовки.

Анализ параметров вариабельности сердечного ритма позволил выявить общую тенденцию вегетативной регуляции ритма сердца в восстановительный период у спортсменов с нарушением слуха и без слуховой депривации (табл. 1). Медианные значения статистических параметров вариабельности сердечного ритма (HR, pNN50, Мо) в группе волейболистов с нарушением слуха и группе сравнения находились в пределах значений нормотонического типа вегетативной регуляции.

Показатель SDNN, характеризующий суммарную вариабельность КИ и тип регуляции сердечного ритма, статистически значимо отличался в группе волейболистов с нарушением слуха ($62,79$ мс [$38,50$; $82,50$]) и спортсменов без нарушений слуха ($83,00$ мс [$76,25$; $91,00$]). Сходная тенденция сниженных значений показателя SDNN у глухих спортсменов по сравнению со спортсменами без слуховой депривации была выявлена Кошкиной К.С. и соавт. [8]. Согласно приведенным автором данным, у спортсменов игровых видов спорта с нарушением слуха значения SDNN были равны $59,33 \pm 5,04$ мс, у спортсменов без нарушения слуха — $69,20 \pm 8,83$ мс. Сочетание высоких значений SDNN и вариационного размаха в группе спортсменов без нарушений слуха могут указывать на нерегулярность сердечного ритма. У спортсменов с нарушением слуха данный показатель соответствовал возрастной норме для здоровых нетренированных лиц мужского пола зрелого возраста. Многими зарубежными исследователями значения SDNN рассматриваются как наиболее информативный показатель вариабельности сердечного ритма в прогнозировании неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов у лиц разных возрастно-половых групп [9–11].

Спектральный анализ КИ показал, что суммарный эффект воздействия на сердечный ритм всех уровней регуляции, выраженный в показателе TP, у спортсменов с нарушением и без нарушения слуха соответствовал среднему значению, выявленному у здоровых лиц зрелого возраста [7], и не отличался от данных у глухих спортсменов игровых видов спорта ($3497,50 \pm 601,81$ мс²) [12]. При этом основными компонентами спектра у обследованных групп являлись VLF- и LF-волны. Мощность дыхательных HF-волн, отражающих активность парасимпатического центра продолговатого мозга, была значительно снижена у спортсменов с нарушением слуха и составила $549,00$ мс [Q_1 — $255,50$ мс; Q_2 — $1366,87$ мс]. Дыхательный компонент спектра КИ у волейболистов с нарушением слуха был ниже данных, представленных Кошкиной К.С. и соавт. для объединенной группы спортсменов с нарушением слуха мужского и женского пола (HF — $1035,67 \pm 157,98$ мс²) командных видов спорта (настольный теннис, баскетбол) [12]. Распределение низкочастотных компонентов спектра не имело значимых отличий между волейболистами с нарушением слуха и литературными данными, соответствуя соотношению $VLF > LF$.

Коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF) у здоровых лиц зрелого возраста соответствует диапазону от 0,7 до 1,5 усл. ед. [7]. У спортсменов с депри-

вацией слуха медианное значение данного коэффициента (1,36 [0,86; 2,26] усл. ед.) соответствовало верхней границе и имело тенденцию дальнейшего возрастания показателя, что отражало нарастающую мощность низкого частотного LF-компонента спектра. Высокая мощность данной части спектра свидетельствовала об активности кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга обследованных спортсменов.

Индекс напряжения регуляторных систем (SI) у волейболистов с нарушением слуха (SI — 78,10 усл. ед.) соответствовал нижней границе нормы для лиц зрелого возраста (от 80 до 150 усл. ед.). Согласно литературным данным, показатель SI является индикатором усиления симпатических влияний на сердечный ритм, вызванных состоянием перенапряжения или стресса [6]. Таким образом, восстановительный период у спортсменов с нарушением слуха сопровождался низким напряжением регулирующих систем организма.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы в соревновательный период у спортсменов с нарушением слуха статистически значимо отличалось от состояния сердечно-сосудистой системы группы спортсменов без нарушений слуха. Так, в период предъявления высоких физических и психических нагрузок адаптационные перестройки вегетативной регуляции сердечного ритма у волейболистов с депривацией слуха заключались в значительном возрастании вариативности КИ. Такие показатели, как SDNN и BP, превышали должные значения [6] более чем в 2–3 раза. Некоторые авторы указывают, что сочетание высоких значений BP, SDNN и низких значений АМо у спортсменов требует более пристального внимания, поскольку свидетельствует о появлении нерегулярности сердечного ритма.

Суммарная мощность спектра КИ у спортсменов с нарушением слуха в соревновательный период была значительно выше, чем в группе спортсменов без нарушений слуха, и сформирована за счет возрастания доли LF- и VLF-компонентов спектра. Мощность высокочастотных HF-волн не имела значимых отличий в сравниваемых группах. В литературе указано, что для лиц зрелого возраста значения TP находятся в пределах $3446 \pm 1018 \text{ мс}^2$ [7]. Выявленные нами значения TP у спортсменов с нарушением слуха соответствовали $6078,00 \text{ мс}^2$ (3788,00; 4054,00), что было значительно выше нормы для здоровых лиц зрелого возраста [6]. Возрастание общей мощности спектра у спортсменов является признаком хорошего функционального состояния и адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы [13]. Однако высокие значения показателя TP в сочетании с выявленными высокими значениями SDNN и BP у спортсменов с нарушением слуха могут свидетельствовать о наличии нерегулярности сердечного ритма. Характерным критерием высокого уровня работоспособности спортсменов является соотношение волн спектра HF : LF : VLF в пределах от 1 : 1 : 1 до 4 : 2 : 1 в зависимости от уровня мастерства [7, 13]. У обследованных нами спортсменов суммарная мощность спектра была сформирована преимущественно волнами низкой (LF) и очень низкой частоты (VLF) в соотношениях 1 : 2 : 2 (восстановительный период) и 1 : 1 : 4 (соревновательный период), что отражало ак-

тивность центральных эрготропных и гуморально-метаболических каналов регуляции ритма сердца.

Помимо определения усредненных значений параметров variability сердечного ритма, необходим качественный и количественный учет распространенности типов вегетативной регуляции ритма сердца среди обследуемой группы. Так, Шлык Н.И. [7] указывает, что при оценке состояния перетренированности у спортсменов следует определять исходный тип вегетативной регуляции, возраст и период спортивной подготовки. В соответствии с классификацией Шлык Н.И. [7] существует четыре основные группы типов вегетативной регуляции сердечного ритма: умеренное преобладание центрального контура регуляции (I тип), выраженное преобладание центрального контура регуляции (II тип), умеренное преобладание автономного контура регуляции (III тип) и выраженное преобладание автономного контура регуляции (IV тип). I и II типы вегетативного контроля сердечной деятельности зачастую сопровождаются умеренным или высоким напряжением регулирующих систем организма. Определение данных типов у спортсменов в восстановительный период подготовки свидетельствовало о снижении функционального состояния сердечно-сосудистой системы и развитии выраженного утомления и перетренированности. Напротив, доминирование I и II типов сердечной регуляции в соревновательный этап подготовки является признаком оптимального функционального статуса регулирующих систем организма спортсменов, способных к адекватному ответу на предъявляемые нагрузки. III и IV регуляторные типы характеризуются экономичной деятельностью сердечно-сосудистой системы и зачастую наблюдаются у спортсменов в восстановительный период подготовки.

В нашем исследовании у спортсменов с нарушением слуха в восстановительный этап подготовки чаще встречались III и IV типы регуляции ритма сердца (рис. 1). Данные типы вегетативной регуляции свидетельствуют о доминировании автономного контура с высокой вариативностью КИ, независимостью и пластичностью элементов нейрогуморального контроля сердечно-сосудистой системы. Выявленный функциональный статус у спортсменов с нарушением слуха в восстановительный этап спортивной подготовки являлся оптимальным и способствовал эффективному восстановлению организма.

В соревновательный период у спортсменов с нарушением слуха также наблюдалось доминирование III и IV типов регуляции (рис. 2).

Умеренное и выраженное доминирование автономного контура у спортсменов с нарушением слуха в соревновательный период являлось неблагоприятным вариантом регуляции сердечного ритма, поскольку может сопровождаться миграцией водителя ритма сердца, нерегулярностью сердечных сокращений и возникновением аритмий. У части волейболистов с нарушением слуха выявлен I тип, или умеренное преобладание центрального контура регуляции (21,05 %), и II тип, или выраженное преобладание центральных регуляторных влияний (5,26 %). По мнению ряда авторов [5, 10, 13, 14], мобилизация организма у спортсменов высокого уровня вне зависимости от пола и вида спорта сопровождается сдвигом регуляторных влияний в сторону симпатического контура регуляции.

Таблица 1. Показатели вариабельности сердечного ритма у спортсменов с нарушением и без нарушения слуха в восстановительный и соревновательный этапы спортивной подготовки, Me [Q₁; Q₃]
Table 1. Indicators of heart rate variability in athletes with and without hearing impairment during the transition and competitive phases of sports training, Me [Q₁; Q₃]

Показатели вариабельности сердечного ритма / Indicators of heart rate variability	Группы / Groups				Уровень значимости отличий, <i>p</i> (критерий Манна — Уитни) / Significance of differences, <i>p</i> (Mann — Whitney criterion)	
	Спортсмены с нарушением слуха / Athletes with hearing impairment	Спортсмены без нарушения слуха / Athletes without hearing impairment	восстановительный этап подготовки / competitive phases (1)	восстановительный этап подготовки / competitive phases (2)		восстановительный этап подготовки / competitive phases (3)
HR, уд./мин / bpm	69,05 (59,70; 72,60)	59,30 (57,30; 63,65)	67,50 (62,53; 75,70)	65,65 (61,15; 70,88)	0,73	0,08
SDNN, мс / ms	58,50 (38,50; 86,00)	143,00 (83,5; 158,0)	82,00 (67,25; 87,25)	61,00 (49,50; 79,25)	0,05	0,0003
pNN50, %	17,80 (6,45; 28,30)	31,00 (14,05; 44,10)	32,00 (16,00; 42,75)	16,50 (9,25; 28,10)	0,16	0,18
Mo, сек / sec	0,87 (0,84; 1,00)	1,07 (1,03; 1,14)	0,88 (0,80; 0,96)	0,91 (0,83; 0,96)	0,75	0,002
AMo, %	35,85 (26,50; 45,30)	30,90 (22,35; 40,85)	28,40 (24,20; 35,90)	36,00 (27,08; 45,08)	0,14	0,29
BP, сек / VR, sec	0,35 (0,22; 0,47)	0,94 (0,83; 0,97)	0,50 (0,38; 0,59)	0,40 (0,29; 0,57)	0,02	0,0003
TP, мс² / ms²	3258,50 (1396,00; 7792,00)	6078,00 (3788,00; 4054,00)	6166,00 (3548,50; 6981,00)	3497,50 (2099,75; 5629,25)	0,13	0,01
VLF, мс² / ms²	1130,50 (521,50; 2744,00)	3968,00 (1813,00; 4054,00)	2347,00 (1207,00; 3136,00)	1146,00 (601,75; 2932,50)	0,07	0,002
LF, мс² / ms²	967,00 (524,00; 1922,00)	1577,00 (1481,00; 1606,00)	1077,00 (832,00; 1715,00)	1193,50 (691,25; 1795,25)	0,28	0,03
HF, мс² / ms²	530,00 (255,50; 1618,00)	1072,00 (417,00; 1355,00)	1522,00 (489,50; 1668,50)	920,50 (589,00; 1640,25)	0,01	0,46
LF/HF, усл. ед. / arb. unit	1,27 (0,86; 2,31)	1,67 (1,02; 2,45)	0,97 (0,61; 1,49)	1,25 (0,77; 2,08)	0,38	0,25
SI, усл. ед. / arb. unit	69,52 (24,03; 94,53)	15,76 (10,44; 30,74)	35,68 (24,49; 45,90)	41,08 (30,51; 74,29)	0,15	0,01

Примечание: HR — частота сердечных сокращений; SDNN — среднее квадратичное отклонение; pNN50 — встречаемость КИ с разницей более чем 50 мс; Mo — мода; AMo — амплитуда моды; BP — вариационный размах; TP — общая мощность спектра; VLF — спектральные волны очень низкой частоты; LF — спектральные волны низкой частоты; HF — спектральные волны высокой частоты; LF/HF — коэффициент вазосимпатического баланса; SI — индекс напряжения регуляторных механизмов.
Note: HR — heart rate; SDNN — mean square deviation; pNN50 — occurrence of CIs with a difference of more than 50 ms; Mo — mode; AMo — mode amplitude; VR — variation range; TP — total power of the spectrum; VLF — very low frequency spectral waves; LF — low frequency spectral waves; HF — high frequency spectral waves; LF/HF — vagosympathetic balance coefficient; SI — stress index of regulatory mechanisms.

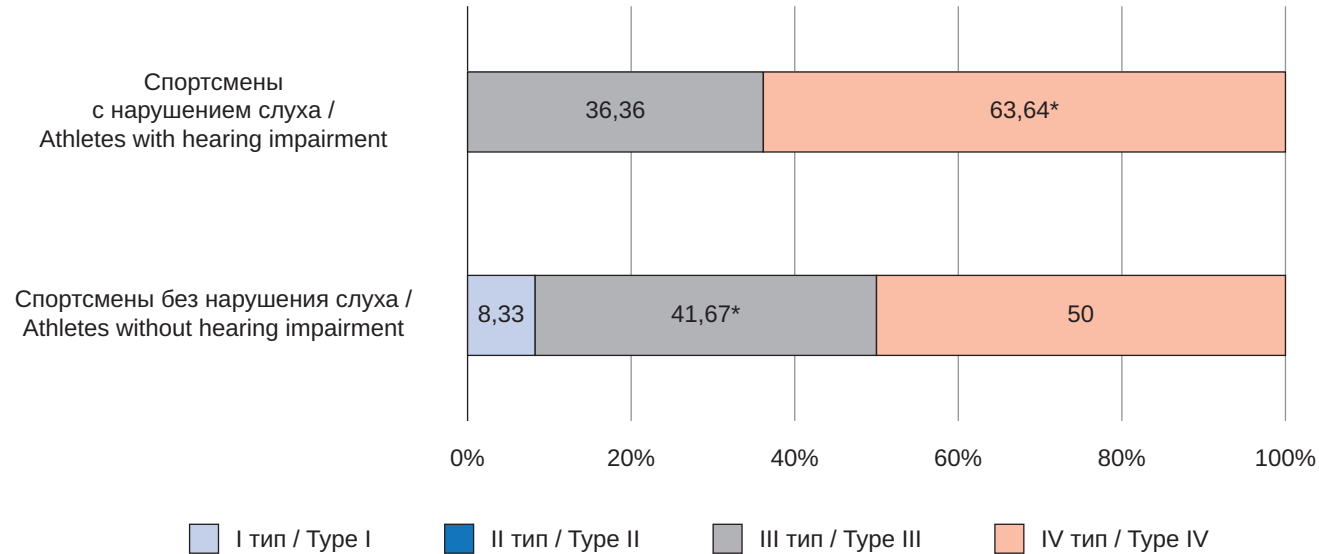


Рис. 1. Удельный вес типов вегетативной регуляции сердечной деятельности у спортсменов с нарушением и без нарушения слуха в восстановительный этап подготовки, %

Fig. 1. The percentage of the types of autonomic regulation of cardiac activity in athletes with and without hearing impairment in the transition phases, %

Примечание: * — статистически значимые отличия между показателями спортсменов с нарушением и без нарушения слуха, $p < 0,05$ (критерий Фишера).

Note: * — statistically significant differences between the values of athletes with and without hearing impairment, $p < 0.05$ (F-test).

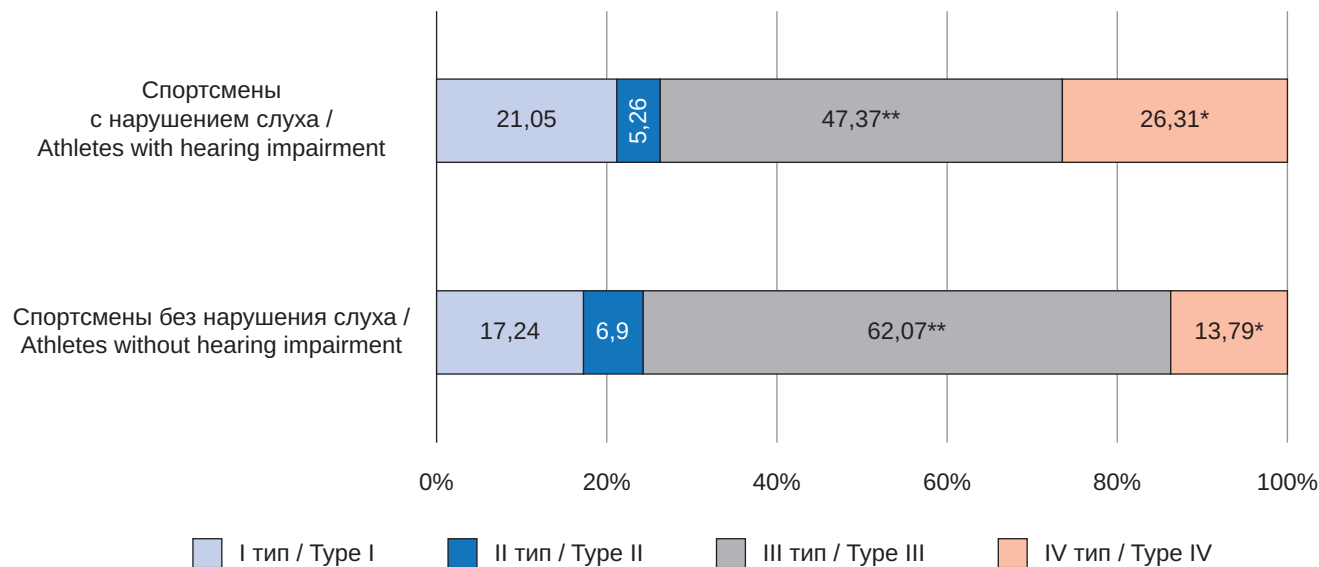


Рис. 2. Удельный вес типов вегетативной регуляции сердечной деятельности у спортсменов с нарушением и без нарушения слуха в соревновательный этап подготовки, %

Fig. 2. The percentage of the types of autonomic regulation of cardiac activity in athletes with and without hearing impairment in the competitive phases, %

Примечание: *, ** — статистически значимые отличия между показателями спортсменов с нарушением и без нарушения слуха, $p < 0,05$ (критерий Фишера).

Note: *, ** — statistically significant differences between the values of athletes with and without hearing impairment, $p < 0.05$ (F-test).

Одной из фундаментальных проблем повышения эффективности тренировочных воздействий на спортсменов является системное внедрение современных технологий комплексной оценки функционального состояния организма. Применение неинвазивных методов диагностики, а также контроля, управления процессом спортивной тренировки имеет большие перспективы и актуально в подготовке спортсменов.

В целом восстановительный период у спортсменов с нарушением слуха, как и у спортсменов без нарушения слуха, сопровождался формированием вегетативной доминанты, характеризующейся равным вкладом как сегментарных, так и надсегментарных центров вегетативной регуляции, что соответствует общей тенденции становления механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма у спортсменов с депривацией слуха [4, 9].

При подобном сочетании регулирующих механизмов такие важные физиологические процессы, как структурное ремоделирование миокарда, изменение показателей гемодинамики, реализуются на оптимальном уровне и способствуют восстановлению резервов сердечно-сосудистой системы спортсменов.

Известно, что частота сердечных сокращений и дыхания у высокотренированных спортсменов в состоянии покоя снижена, что может приводить к перераспределению мощности спектра из области HF-волн в сторону LF-компонента КИ. Замедленное дыхание у спортсменов в покое приводит к повышению концентрации углекислого газа в крови, что опосредует синхронизацию импульсов дыхательного и кардиоингибирующего центров нервной системы и опосредует возрастание мощности LF-волн спектра КИ [10].

Мобилизация функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у спортсменов с нарушением слуха в соревновательный период реализуется за счет формирования вариативного ритма сердца [6, 9]. Кроме того, в литературе отмечено доминирование центральных структур в регуляции ритма сердца при обеспечении оптимального функционального уровня сердечно-сосудистой системы в соревновательный период подготовки. При этом выраженная централизация ритма сердца характерна для спортсменов разных видов спорта [13–14]. Выраженное усиление деятельности вагуса у обследованных нами спортсменов с нарушением слуха в соревновательный период может не в полной мере обеспечивать согласованность в работе сердечно-сосудистой системы и свидетельствовать о развитии состояния перетренированности.

Особенности вегетативной регуляции ритма сердца у депривированных по слуху спортсменов имеют ряд отличий от нетренированных лиц с нарушением слуха. Для нетренированных лиц с нарушением слуха по сравнению со спортсменами с нарушением слуха характерны сдвиг нейрогуморальных регуляций в сторону симпатoadреналовых влияний на синусовый узел и формирование физиологической гиперфункции серд-

ца с высоким уровнем и временем сердечного выброса, снижением эластичности аорты, повышением диастолического и среднегемодинамического артериального давления [2]. Профессиональные занятия адаптивным спортом вызывают мобилизацию функциональных резервов сердечно-сосудистой системы и улучшение долговременной адаптации спортсменов [15]. При этом отмечено, что занятия игровыми видами спорта по сравнению с силовыми тренировками приводят к улучшению процессов реполяризации миокарда, снижению уровня суправентрикулярной экстрасистолии и неполной блокады правой ножки пучка Гиса.

Описанные особенности вегетативной регуляции ритма сердца представляют собой вариант адаптации у спортсменов с нарушением слуха для достижения высоких спортивных результатов.

Ограничения исследования

Ряд ограничений связан с малым размером выборки обследованных лиц, так как категория инвалидов с нарушением слуха является малочисленной и разрозненной социальной группой, включающей лиц мужского и женского пола всех возрастных групп с разной степенью потери слуха. При формировании обследуемой группы спортсменов с нарушением слуха не учитывалась этиология заболевания, поскольку основным диагнозом, отраженным в медицинских картах сурдологического центра, являлась врожденная хроническая сенсоневральная глухота неуточненного генеза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, вегетативное обеспечение сердечной деятельности у волейболистов с нарушением слуха зависит от этапа спортивной подготовки и характеризуется умеренным и выраженным доминированием автономного контура регуляции с высоким вкладом гуморально-метаболических влияний. Полученные результаты могут быть использованы для разработки эффективных методов физической подготовки и реабилитации спортсменов с нарушением слуха.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Максимова Анна Сергеевна, преподаватель, кафедра морфологии и физиологии, Сургутский государственный университет.

E-mail: maksimova_as@surgu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1587-2541>

Литовченко Ольга Геннадьевна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры морфологии и физиологии, Сургутский государственный университет.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8368-2590>

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: Максимова А.С. — проведение исследования, анализ данных, написание черновика рукописи; Литовченко О.Г. — научное обоснование, курация данных, проверка и редактирование 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 соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом при бюджетном учреждении высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа — Югры «Сургутский государственный университет» (г. Сургут, Россия) (протокол № 26 от 29.09.2021).

Информированное согласие. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию всей соответствующей медицинской информации, включенной в рукопись.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Anna S. Maksimova, Lecturer, Department of Morphology and Physiology, Surgut State University.

E-mail: maksimova_as@surgu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1587-2541>

Olga G. Litovchenko, D.Sc. (Biol.), Docent, Professor at the Department of Morphology and Physiology, Surgut State University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8368-2590>

Author Contributions. All authors acknowledge authorship according to the ICMJE international criteria (all authors made significant contributions to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Maksimova A.S. — investigation, formal analysis, writing — original draft; Litovchenko O.G. — conceptualization, data curation, 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 Surgut State University (Surgut, Russia) Protocol No. 26 dated 29.09.2021.

Informed Consent for Publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information.

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

Список литературы / References

1. Таваркиладзе Г.А. Нарушения слуха и глухота — глобальная проблема современного здравоохранения. Альманах института коррекционной педагогики. 2021; 45(5): 1–8. [Tavartkiladze G.A. Hearing disorders and deafness — a global problem of modern healthcare. Almanac Institute of Special Education. 2021; 45(5): 1–8 (In Russ.).]
2. Головачев А. М., Биктемирова Р.Г., Зиятдинова Н.И. и др. Возрастные особенности показателей внешнего дыхания и гемодинамики у лиц с патологией слуха. Дневник казанской медицинской школы. 2019; 1(23): 21–27. [Golovachev A.M, Biktemirova R.G., Ziyatdinova N.I., et al. Age characteristics of external respiration and hemodynamics in persons with hearing impairment. Dnevnik kazanskoy medicinskoj shkoly. 2019; 1(23): 21–27 (In Russ.).]
3. Калинина И.Н., Тарасенко А.А., Кобец А.В. и др. Физическая и техническая подготовленность, психофизиологические особенности глухих и слабослышащих футболистов. Современные вопросы биомедицины. 2021; 4(17): 1–16. https://doi.org/10.51871/2588-0500_2021_05_04_29 [Kalinina I.N., Tarasenko A.A., Kobets A.V., et al. Physical and technical fitness, psychophysiological features of soccer players with hearing loss. Modern Issues of Biomedicine. 2021; 4(17): 1–16. https://doi.org/10.51871/2588-0500_2021_05_04_29 (In Russ.).]
4. Байгузин П.А., Шибкова Д.З., Шевцов А.В. Функциональное состояние организма: технологии оценки в спорте и рекреационном туризме (обзор). Человек. Спорт. Медицина. 2022; 22(4): 25–34. <https://doi.org/10.14529/hsm220403> [Baiguzhin P.A., Shibkova D.Z., Shevtsov A.V. Functional status of the body: assessment technologies in recreational tourism and sport (review). Human. Sport. Medicine. 2022; 22(4): 25–34. <https://doi.org/10.14529/hsm220403> (In Russ.).]
5. Аверьянова И.В., Максимов А.Л. Особенности перестроек кардиогемодинамики и вариабельности сердечного ритма у европеоидов — мигрантов и уроженцев севера 1–2 поколения при активной ортостатической пробе. Сибирский научный медицинский журнал. 2021; 41(3): 45–52. <https://doi.org/10.18699/SSMJ20210306> [Averyanova I.V., Maksimov A.L. Cardiohemodynamic and heart rate variability changes observed in the North newcomer Caucasians and people born to them in the 1st–2nd generations at active orthostatic test exposure. Siberian Scientific Medical Journal. 2021; 41(3): 45–52. <https://doi.org/10.18699/SSMJ20210306> (In Russ.).]
6. Бабунц И.В., Мириджанян Э.М., Машаех Ю.А. Азбука вариабельности сердечного ритма. Ставрополь: Принтмастер. 2002; 112 с. [Babunc I.V., Miridzhanyan E.M., Mashaekh YU.A. Azbuka variabelnosti serdechnogo ritma. Stavropol': Printmaster. 2002; 112 p. (In Russ.).]
7. Шлык Н.И. Экспресс-оценка функциональной готовности организма спортсменов к тренировочной и соревновательной деятельности (поданным анализа вариабельности сердечного ритма). Наука и спорт: современные тенденции. 2015; 4(9): 5–15. [Shlyk N.I. Express evaluation of the functional readiness of the organism athletes for training and competitive activity (according to the analysis of heart rate variability). Science and sport: modern tendencies. 2015; 4(9): 5–15 (In Russ.).]
8. Кошкина К.С., Быков Е.В., Чипышев А.В. Нейровегетативное обеспечение сердечного ритма у спортсменов с депривацией слуха. Современные тенденции, проблемы и пути развития физической культуры, спорта, туризма и гостеприимства: сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции 21–22 ноября 2023 года. М.: НКЦ Образование. 2023; с. 340–346. [Koshkina K.S., Bykov E.V., Chipyshev A.V. Neurovegetative provision of heart rate in athletes with hearing deprivation. Modern trends, problems and ways of development of physical culture, sports, tourism and hospitality: collection of materials of the XVII International Scientific and Practical Conference on November 21–22, 2023. M.: NBC Education. 2023; pp. 340–346 (In Russ.).]
9. Kiviniemi A.M., Tulppo M.P., Hautala A.J., et al. Altered relationship between R–R-interval and R–R-interval variability in endurance athletes with overtraining syndrome. Scand. J. Med. Sci. Sports. 2013; 2(12): e77–e85. <https://doi.org/10.1111/sms.12114>
10. Le Meur Y., Pichon A., Schaal K., et al. Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally verreached athletes. Med. Sci. Sports Exerc. 2013; 45(11): 2061–2071. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182980125>
11. Mooren F.C., Böckelmann I., Waranski M., et al. Autonomic dysregulation in long-term patients suffering from Post-COVID-19 Syndrome assessed by heart rate variability. Sci Rep. 2023; 13: 15814. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42615-y>
12. Кошкина К.С., Быков Е.В., Чипышев А.В. Особенности вегетативной регуляции у спортсменов с депривацией слуха при проведении холодовой пробы. Современные вопросы биомедицины. 2024; 8(51). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2024_08_01_36 [Koshkina K.S., Bykov E.V., Chipyshev A.V. Autonomic regulation of athletes with hearing loss when conducting the cold pressor test. 2024; 8(51). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2024_08_01_36 (In Russ.).]
13. Видулов А.Д., Бочаров М.В., Каунина Д.В., Бойков В.Л. Регуляция сердечной деятельности у спортсменов высокой квалификации. Вестник спортивной науки. 2017; 2: 31–36. [Vikulov A.D., Bocharov M.V., Kaunina D.V., Boykov V.L. Regulation of cardiac activity in highly qualified athletes. Herald sports science. 2017; 2:31–36 (In Russ.).]

14. Никифорова О.Н., Журбина А.Д., Бакулина Е.Д., Хотеева М.В. Адаптация и особенности функциональных возможностей девушек-футболисток с нарушениями слуха в зависимости от квалификации и возраста. Теория и практика физической культуры. 2021; 9: 40–42. [Nikiforova O.N., Zhurbina A.D., Bakulina E.D., Khoteeva M.V. Adaptation and functional capabilities of female footballers with Hearing impairments based on their sports qualification and age. Theory and Practice of Physical Culture. 2021; 9: 40–42 (In Russ.).]
15. Чичкова М.А., Светличкина А.А., Чичков А.М. Влияние адаптивных нагрузок на параметры сердечно-сосудистой системы у пациентов с малыми аномалиями развития сердца и врожденной нейросенсорной тугоухостью. Астраханский медицинский журнал. 2020; 15(1): 28–35. <https://doi.org/10.17021/2020.15.1.28.35> [Chichkova M.A., Svetlichkina A.A., Chichkov A.M. The effect of adaptive loads on the parameters of the cardiovascular system in patients with small abnormalities of the heart and congenital neurosensory hearing loss. Astrakhan medical journal. 2020; 15(1): 28–35. <https://doi.org/10.17021/2020.15.1.28.35> (In Russ.).]

Original article / Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-54-65>

Treadmill with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Impact on Peak Velocity in Peripheral Arterial Disease: a Randomized Controlled Trial

 Hadeer K. Abdelazim*, Azza A. Abdelhady,  Ahmed A. Shaker, Asmaa H.I. Habib,  Marwa M. Elsayed

Cairo University, Giza, Egypt

ABSTRACT

INTRODUCTION. Patients' functional ability and quality of life are negatively impacted by peripheral arterial disease, which presents as incapacitating leg discomfort that affects walking. Although there are numerous methods for treating these symptoms, as treadmill training, individuals stopped because of their persistent pain. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) is a suggested treatment for pain relief.

AIM. This study aimed to determine how combined treadmill training and TENS affect walking distance, pain, and peak velocity in patients with peripheral artery disease.

MATERIALS AND METHODS. The study included 50 people with peripheral arterial disease (PAD), stage II Fontaine, and an ankle-brachial index of 0.90 or lower at rest or 0.73 or lower after exercise. Participants were randomly assigned to either supervised treadmill training (control group, $n = 25$) or supervised treadmill training combined with TENS (experimental group, $n = 25$) for 3 months. Doppler ultrasonography, and skeletal muscle oxygen saturation (SmO_2) were evaluated at baseline and after the study's completion.

RESULTS AND DISCUSSION. The experimental group significantly improved all parameters being assessed more than the control group (< 0.05), except total hemoglobin, which did not differ statistically between groups.

CONCLUSION. This trial is the first to use treadmill training in conjunction with TENS as an adjuvant method to improve vascular function in people with PAD. Patients may use this strategy over time to improve their walking abilities, and it might be introduced into normal care in cardiovascular retraining.

REGISTRATION: Clinicaltrials.gov identifier No. NCT06061211, registered 28.09.2023.

KEYWORDS: vascular function, pain, exercise test, ankle-brachial index, oxygen saturation

For citation: Abdelazim H.K., Abdelhady A.A., Shaker A.A., Habib A.H.I., Elsayed M.M. Treadmill with TENS Impact on Peak Velocity in Peripheral Arterial Disease: a Randomized Controlled Trial. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):54–65. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-54-65>

* **For correspondence:** Hadeer K. Abdelazim, E-mail: hadeer.kamal@pt.cu.edu.eg

Received: 29.12.2024

Accepted: 25.02.2025

Published: 16.06.2025

Эффективность беговой дорожки с использованием транскутанной электрической нервной стимуляции при заболеваниях периферических артерий: рандомизированное контролируемое исследование

 Абдельазим Х.К.* , Абдельхади А.А.,  Шакур А.А., Хабиб А.Х.И.,  Эль-Сайед М.М.

Каирский университет, Гиза, Египет

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Заболевания периферических артерий негативно сказываются на функциональной способности и качестве жизни пациентов, что проявляется в виде дискомфорта в ногах, который приводит к потере трудоспособности и влияет на ходьбу. Несмотря на то, что существует множество методов лечения этих симптомов, таких как тренировки на беговой дорожке, люди отказываются от них из-за постоянной боли. Для облегчения боли рекомендуется использовать транскутанную электрическую нервную стимуляцию (ТЭНС).

ЦЕЛЬ. Определить, как комбинированные тренировки на беговой дорожке и ТЭНС влияют на дистанцию ходьбы, боль и максимальную скорость у пациентов с заболеваниями периферических артерий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследование было включено 50 человек с заболеваниями периферических артерий, II стадии по классификации Фонтейна и лодыжечно-плечевым индексом, равным 0,90 или ниже в состоянии покоя или 0,73 или ниже после физической нагрузки. Пациенты были случайным образом распределены на две группы для занятий под наблюдением врача на беговой дорожке (контрольная группа, $n = 25$) или на беговой дорожке в сочетании с ТЭНС (основная группа, $n = 25$) в течение 3 месяцев. Ультразвуковая доплерография и насыщение кислородом скелетных мышц (SMO_2) оценивались в начале исследования и после его завершения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Основная группа значительно улучшила все оцениваемые показатели по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$), за исключением общего уровня гемоглобина, который статистически не отличался между группами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В этом исследовании впервые используются тренировки на беговой дорожке в сочетании с ТЭНС в качестве вспомогательного метода для улучшения функции сосудов у людей с заболеваниями периферических артерий. Пациенты могут со временем использовать эту стратегию для улучшения своих способностей к ходьбе, и она может быть внедрена в обычную практику при переподготовке сердечно-сосудистых специалистов.

РЕГИСТРАЦИЯ: Идентификатор Clinicaltrials.gov No. NCT06061211, зарегистрировано 28.09.2023.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сосудистая функция, боль, тест с физической нагрузкой, лодыжечно-плечевой индекс, насыщение кислородом

For citation: Abdelazim H.K., Abdelhady A.A., Shaker A.A., Habib A.H.I., Elsayed M.M. Treadmill with TENS Impact on Peak Velocity in Peripheral Arterial Disease: a Randomized Controlled Trial. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):54–65. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-54-65>

* **For correspondence:** Hadeer K. Abdelazim, E-mail: hadeer.kamal@pt.cu.edu.eg

Статья получена: 29.12.2024

Статья принята к печати: 25.02.2025

Статья опубликована: 16.06.2025

INTRODUCTION

Peripheral arterial disease (PAD) is thought to affect at least 113 million people worldwide and possibly as many as 236 million, even though prevalence estimates vary greatly [1]. Due to the prevalence of conventional risk factors, specifically smoking, hyperlipidemia, and a high incidence of diabetes mellitus (DM), lower limb ischemia and peripheral atherosclerotic occlusive disease (PAOD) are common in the Egyptian population [2]. Although the prevalence is higher in men, as in several other parts of the world, both men and women are equally affected [3, 4].

Despite being a major worldwide health burden, PAD remains mostly untreated and mistreated. Individuals may already be experiencing stenotic or occlusive illness that begins at the aortoiliac bifurcation and ends in the crural arteries [3]. Initially, intermittent claudication

(IC), defined as “fatigue, discomfort, cramping, or pain in the muscles of the lower limbs that is regularly provoked by movement and always resolved by rest in 10 minutes,” is the most common clinical presentation of PAD [5]. As PAD progresses, symptoms such as critical limb ischemia emerge [6]. It increases the risk of serious cardiovascular problems, premature death, and a lower quality of life [7, 8]. Exploring techniques that can alleviate pain and minimize ischemia in people with PAD is thus particularly important.

The National Institute for Health and Care Excellence (NICE) recommends supervised exercise therapy (SET) as the primary treatment for IC [9]. It has been found to improve quality of life, walking distance, and physical activity (PA), as well as assist in reducing major adverse cardiovascular events (MACE) [10].

Individuals with IC should exercise above the threshold that causes discomfort to benefit from secondary prevention through PA. This is an additional barrier to participation in physical training [11]. However, many claudication patients may struggle to keep walking, as seen by the comparatively high dropout rate of approximately 30 % from walking programs [10]. Despite the evident benefits of exercise therapy, about 45 % of patients do not follow medical professionals' advice to exercise frequently and walk "through" IC discomfort. A variety of other therapeutic strategies have been proposed [12].

Despite this, a systematic review [13] found that there has been little research on using pain management to motivate exercise and physical activity. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) applied to the lower leg while walking on a treadmill may improve absolute claudication distance over placebo [14]. TENS therapy for PAD patients would increase walking distance by addressing two aspects of vascular claudication: pain and reduced vascular flow [15]. TENS may help IC patients improve their walking abilities and walking-based physical activity [14, 16].

According to earlier studies, increasing patient awareness about the disease and the need for exercise is necessary to prevent consequences from poorer adherence to treadmill training owing to pain [12]. This pain forces patients to stop exercising until the pain subsides by vasodilation and increasing blood supply to exercising muscle; repeated ischemic reperfusion events increase damage to the artery and increase the risk of cardiovascular events. From here arises the concept of increasing adherence by using additional modalities such as TENS [13]. Therefore, the purpose of this study was to assess the impact of treadmill TENS on patients with PAD, which has not been studied before. We hypothesized that TENS combined with aerobic exercise improves walking distance, pain, and peak velocity in PAD patients more effectively than aerobic exercise alone.

MATERIALS AND METHODS

Study design

This three-month intervention is a prospective randomized controlled experiment. TENS with a treadmill (experimental group, $n = 25$) and treadmill exercise alone (control group, $n = 25$) were the two groups into which study participants were randomly assigned.

Ethical approval

The study was conducted from 1 October 2023 to 30 November 2024. This study was carried out in compliance with the Declaration of Helsinki [17], and all procedures involving human participants were authorized by Cairo University's Faculty of Physical Therapy's Research Ethics Committee (ethics reference No P.T.REC/012/004528). This trial was registered in ClinicalTrials.gov (NCT06061211) and was reported following CONSORT criteria.

Data collection procedure

An independent nurse contacted participants for eligibility at screening (at least 4 months before baseline from May 2023 to September 2023) by acquiring phone call data on their age and health status.

Interviews for the study: At baseline and three months following exercise rehabilitation, patients were assessed

during study visits. Patients took tests in the following order during each research visit: (1) history and physical examination; (2) health, physical function, and physical activity questionnaires; (3) peripheral hemodynamic testing; (4) exercise and physical function tests; and (5) medical history and current medication review. Following a physical examination and review of their medical histories, all patients were diagnosed with Fontaine stage II PAD at the initial baseline visit. To start the evaluation, a medical history interview was conducted to gather information on the patient's demographics, cardiovascular risk factors, comorbidities, self-reported claudication history, site of claudication, and current medications. Throughout the trial, each patient's medication schedule remained unchanged.

Participants

Patients with peripheral arterial disease were sourced from Cairo University's Kasr el Ainy (Medical Faculty) in Giza, Egypt. Every participant was fully aware of the study's goals and procedures, which adhered to ethical guidelines. Each subject provided written informed permission. Participants were chosen based on the following standards. Ankle-brachial index (ABI) of 0.90 or less at rest or 0.73 or less after exercise, 50 patients with intermittent claudication secondary to PAD, and ambulation during a graded treadmill test limited by leg pain consistent with intermittent claudication (stage II of the Fontaine classification of PAD) They were between the ages of 40 and 75, had a body mass index (BMI) between 18.5 and 40 kg/m², were clinically stable, smoked, had a verified clinical diagnosis of peripheral arterial disease, and were sedentary in their activity level as measured by the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ).

Exclusion criteria were the absence of PAD and the inability to acquire an ABI measure due to non-compressible vessels. Asymptomatic PAD was identified from the medical history and confirmed on the graded treadmill test. The use of cilostazol and pentoxifylline began within three months before the investigation. Factors other than leg pain that limit exercise tolerance include active cancer, renal disease, or liver disease; the presence of a contraindication to TENS use, such as a pacemaker or skin lesion; walking disorders related to orthopedic or neuromuscular disease; myopathy; associated progressive disease causing deterioration in general health; an implanted pacemaker or defibrillator; and uncontrolled diabetes.

Randomization

Participants were divided into the experimental and control groups at random and in equal measure. A masked centralized randomized technique with allocation concealment was carried out by a statistician who was not a member of the research team. The assignment was kept a secret from the participants and the research team, except for the physiotherapists who were participating in the intervention. Separated by gender, age (40–75 years), and BMI, the randomization sequence was made using R Software (version 2.11). Block sizes ranged randomly from four to eight to maintain an even number of participants in each group. Additionally, the control group members received their exercise on a different day than the experimental group members.

Training and testing

Supervised treadmill training

Three times a week for 12 weeks, the experimental and control groups engaged in an aerobic exercise regimen on different days using the SIDEA-Germany treadmill. Every participant worked out under the guidance of a doctor and research physiotherapists, who kept an eye on their blood pressure, heart rate, and degree of exhaustion during the training. 25 patients completed a total of 36 training sessions of supervised treadmill training for 45 minutes per session. Treadmill walking started with a warm-up period for 5 minutes at a speed of 1.5 km/h at a 0 % grade, then the speed increased during the exercise phase (30 minutes) gradually till reaching maximum heart rate calculated for each patient and the degree of claudication pain on the claudication pain scale (4 of 5) to avoid the risk of ischemic reperfusion [14]. A participant was able to walk for 8 minutes at the starting workload without needing to stop because of fairly severe claudication. The treadmill grade was increased by increments of 0.5%, and the exercise intensity was increased throughout training sessions by raising the treadmill speed by increments of 0.1–0.2 mph (0.2–0.3 km/h) as tolerated, then the walking finished with a cooling down time of 5 minutes [18].

TENS

In the experimental group, TENS (Electric stimulator MH8001, China) was applied to the pain site according to the diseased artery and the muscle that is supplied by this artery while walking on a treadmill with a starting frequency of 2 Hz, then gradually increased the frequency of TENS up to 120 Hz, pulse width of 200 microseconds, and patient-determined intensity of “strong but comfortable and slight muscle twitch” [19]. All sessions took place at Egypt’s Faculty of Physical Therapy outpatient clinic.

Outcome measures

Primary measures

Doppler ultrasonography

Pathology is detected and assessed directly using duplex ultrasound (US) (a General Electric Logic P6 machine equipped with a linear probe with 7.5–12 MHz frequency and a curvilinear probe with 2.5–7.5 MHz frequency), which

uses color, grayscale, and spectral Doppler ultrasound [20]. Color Doppler pinpoints the degree of illness more accurately and efficiently, whereas spectral Doppler is quantitative. Experienced vascular scientists examined an individual in a horizontal position with a portable US system equipped with a 5–10 MHz linear array, using imaging, color, and pulsed Doppler modes. The aortoiliac, femoral, popliteal, and pedal parts were all scanned throughout the assessment [21] as seen in Figure 1.

To confirm a PAD case, one of the following requirements must be met: (1) at least one narrowing of more than 50 %. (2) a blockage, or (3) extensive stenosis to the point where circulation was impeded and the waveform was reduced in the popliteal area. A typical Doppler waveform contains three distinct triphasic features: a visible upward systolic peak, a little negative early diastolic wave, and a slightly positive late diastolic wave. When PAD is present, Doppler waves might be biphasic or monophasic [20].

Ankle peak systolic velocity (APSV) is a new alternative metric for assessing the degree of peripheral ischemia. The APSV is the mean peak systolic velocity of the anterior and posterior tibial arteries (PTAs) recorded at the ankle. A 5- to 12-MHz linear transducer is used for the infrainguinal arteries. The Doppler angle of insonation was adjusted to 60 μ . Prior to imaging, each patient was given one hour of rest and a lying-down assessment. The ambient temperature was set to 22 $^{\circ}$ C for recording purposes [21]. APSV is unaffected by vascular stiffness and was assessed when toe gangrene or amputation occurred; it was effective in some cases. It was also evaluated when the lower limbs were submitted to arterial duplex scanning [22].

Secondary measures

Skeletal muscle oxygen saturation (SmO₂)

SmO₂ was measured noninvasively using near-infrared spectroscopy (NIRS) by Moxy (Fortiori Design LLC, Minnesota). SmO₂, a tissue oxygenation marker, was measured in the muscle vasculature. Muscle oxygen saturation was measured at each participant’s medial gastrocnemius on the diseased leg while conducting the treadmill activity test using continuous-wave spectroscopy with greater precision in the muscle layer and less precision in the fat layer [23].

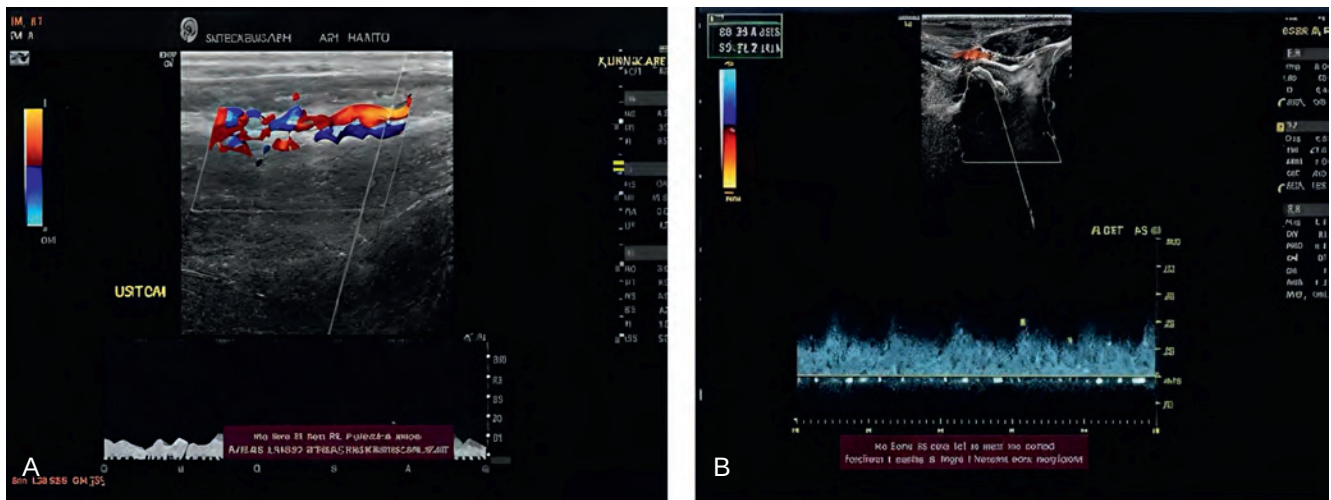


Fig.1. A — depicts Doppler scanning of the dorsalis pedis artery in a peripheral arterial disease patient with intermittent claudication prior to intervention; B — indicates an improvement in both peak systolic velocity and acceleration time following 12 weeks of supervised treadmill training with TENS

Eligibility

Sixty-five patients were evaluated for participation; 15 were rejected ($n = 6$ did not fulfill the inclusion criteria, $n = 4$ declined to take part, and $n = 5$ had other reasons). Out of the 50 patients who completed the trial, 25 were randomly allocated to the experimental group and 25 to the control group. These patients were the only ones included in the data analysis, as seen in Figure 2.

The necessary sample size was estimated. Using data from a prior study [24], the sample size was determined using G* Power software, version 3.1.9.4, based on the anticipated change in the primary outcome, Doppler Flow Velocity in the right dorsalis pedis artery (RDP). The control group's mean RDP was 10.896 ± 3.976 cm/s, while the exercise groups was 14.568 ± 4.002 cm/s. The effect size was 0.92, with the anticipated mean difference in RDP between the two groups being 3.672 cm/s. To attain a power of 80 % and a significance level of 5 % (two-tailed level), a sample size of 20 patients per group, or 40 patients with peripheral arterial disease, was determined. There were 25 patients in the final needed sample size of 50, with 25 patients in each group, allowing for an expected 20 % attrition/dropout rate.

Statistical analysis

SPSS statistics software version 25 was used to analyze the data. Categorical variables were reported in frequency counts and percentages. The categorical variables were

compared using the chi-square (χ^2) test. The Shapiro — Wilk test was used to determine whether continuous variables were normal. Normal continuous variables were expressed using mean and standard deviation (SD), while non-normally distributed data were expressed using median (25th percentile [Q1] — 75th percentile [Q3]). For data that was not normally distributed, a paired t-test was used, and a rank was signed by Wilcoxon. Differences between groups were found using an independent sample t-test for normally distributed data and the Mann-Whitney U test for non-normally distributed data, respectively. Each group's mean change between baseline and post-intervention was calculated, along with a 95% confidence interval (CI). A mixed repeated measures ANOVA was used to investigate the impact of time and group interaction. Partial eta squared (η^2) was utilized to measure the difference between the two groups. The magnitude of the treatment effects within and across the groups was also analyzed using Cohen's d-test, and they were classed as high ($d = 0.8$), medium ($d = 0.5$), and small ($d = 0.2$). P-values less than 0.05 ($p < 0.05$) were considered statistically significant.

RESULTS AND DISCUSSION

This study comprised 50 individuals with PAD, with a mean age of 55.80 ± 9.78 , ranging from 40 to 75 years old. The majority of participants were male (72.0 %) (Table 1).

Table 1 shows that there was no significant difference between groups in terms of all baseline variables ($p > 0.05$).

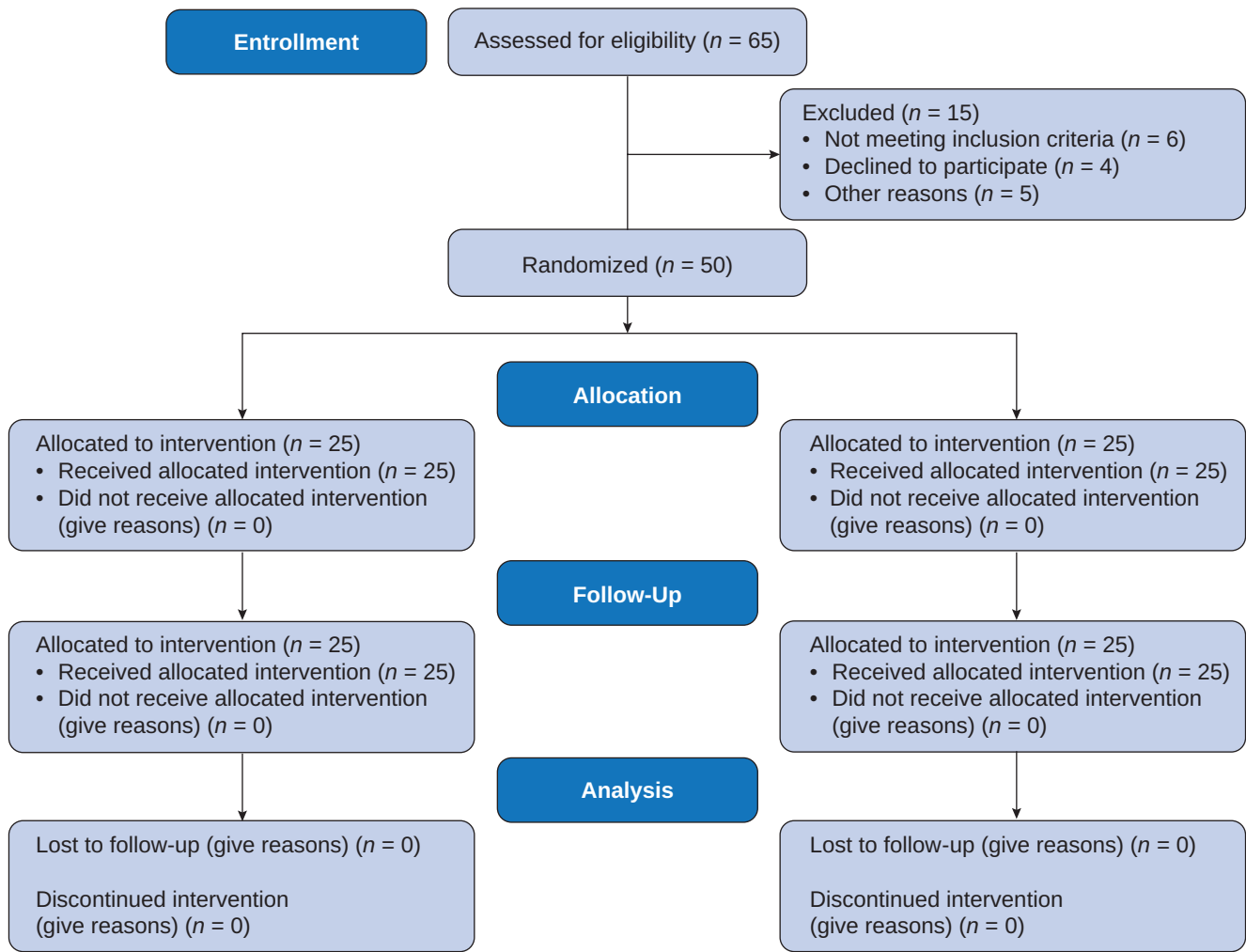


Fig. 2. Consort flow chart of this study

Table 1. Baseline characteristics of studied patients

Variables	Total (n = 50)	Experimental group (n = 25)	Control group (n = 25)	Test of Significance	P-value
Age (Years)	55.80 ± 9.78 (40.00–75.00)	54.96 ± 0.95 (40.00–65.00)	56.64 ± 10.56 (40.00–75.00)	$t = -0.603$	0.549
Sex, n (%)					
Male	36 (72.0 %)	18(72.0 %)	18(72.0 %)	$\chi^2 = 0.000$	1.000
Female	14 (28.0 %)	7(28.0 %)	7(28.0 %)		
BMI (kg/m ²)	28.02 ± 3.40 (20.40–35.00)	27.93 ± 3.82 (20.40–35.00)	28.11 ± 3.00 (23.60–34.00)	$t = -0.185$	0.854
Artery sides					
Right	26 (52.0 %)	13 (52.0 %)	13 (52.0 %)	$\chi^2 = 0.000$	1.000
Left	24 (48.0 %)	12 (48.0 %)	12 (48.0 %)		
No. of sessions	32.62 ± 5.77 (15.0–36.00)	32.32 ± 6.02 (18.00–36.00)	32.92 ± 5.60 (15.00–36.00)	$t = -0.365$	0.717
PSV CFA	44.26 ± 22.89 0.00–80.00	46.12 ± 23.66 0.00–80.00	42.40 ± 22.43 0.00–80.00	$t = 0.571$	0.571
PSV SFA	33.82 ± 25.93 0.00–82.00	34.04 ± 23.05 0.00–82.00	33.60 ± 29.02 0.00–81.00	$t = 0.059$	0.953
PSV POP A	29.44 ± 20.77 0.00–80.00	29.40 ± 22.44 0.00 v 80.00	29.48 ± 19.43 0.00–80.00	$t = -0.013$	0.989
PSV ATA	21.50 ± 15.18 0.00–60.00	20.38 ± 14.14 0.00–60.00	22.62 ± 16.38 0.00–60.00	$t = -0.518$	0.607
PSV PTA	26.92 ± 18.03 0.00–80.00	27.04 ± 20.24 0.00–70.00	26.80 ± 15.95 0.00–80.00	$t = 0.047$	0.963
SmO ₂ max	39.29 ± 20.64 8.60–92.30	39.10 ± 19.64 8.60–86.00	39.48 ± 21.99 8.80–92.30	$t = -0.064$	0.949
SmO ₂ min	14.52 ± 9.59 0.10–40.70	14.38 ± 9.49 0.10–40.70	14.65 ± 9.88 0.10–40.50	$t = -0.099$	0.921
SmO ₂ AV	27.04 ± 12.57 6.30–63.35	27.18 ± 12.95 6.70–63.35	26.8912.45 6.30–57.45	$t = 0.082$	0.935
THB MAX	12.33 ± 0.49 11.37–13.16	12.44 ± 0.53 11.37–13.16	12.23 ± 0.42 11.45–13.05	$t = 1.492$	0.142
THB MIN	12.06 ± 0.58 10.83–13.12	12.16 ± 0.62 10.94–13.12	11.96 ± 0.52 10.83–12.91	$t = 1.223$	0.227
THB AV	12.15 ± 0.56 10.97–13.15	12.24 ± 0.59 11.12–13.15	12.06 ± 0.51 10.97–12.99	$t = 1.140$	0.260

Note: BMI — Body mass index; PSV CFA — Peak systolic velocity common femoral artery; PSV SFA — Peak systolic velocity Superficial femoral artery; PSV POP A — Peak systolic velocity Popliteal artery; PSV PTA — Peak systolic velocity Posterior tibial artery; PSV ATA — Peak systolic velocity Anterior tibial artery; APSV — Ankle peak systolic velocity; SmO₂ Max — Skeletal muscle oxygen saturation maximum; SmO₂ Min — Skeletal muscle oxygen saturation minimum; SmO₂ AV — Skeletal muscle oxygen saturation average; THB Max — Total hemoglobin maximum; THB Min — Total hemoglobin minimum; THB AV— Total hemoglobin average; χ^2 — Chi square test; t — Independent t-test.

Categorical variables are presented as number (%). Continuous variables are presented as Mean ± SD (Min-Max) or Median (Q1-Q3) and range.

Table 2 demonstrates that APSV scores increased statistically significantly from pre-intervention to post-intervention during three months. The experimental group showed significantly larger improvements (86.89 % for APSV) compared to the control group (32.41 %) ($p < 0.003$).

Time and therapy had statistically significant impacts on APS (F = 91.182; $\eta^2 = 0.655$; $p < 0.001$ and F = 4.618; $\eta^2 = 0.088$; $p = 0.037$). There was a significant interaction effect between time and treatment for APSV (F = 21.469; $\eta^2 = 0.309$; $p < 0.001$).

Figure 3 shows that the waveform patterns of the CFA, SFA, POP A, ATA, and PTA in the experimental group changed significantly after the intervention ($p = 0.014$, 0.002, 0.007, 0.007, 0.031, respectively).

Table 2. Comparison of ankle peak systolic velocity pre-and post-intervention between the two groups

Variables	Experimental group (n = 25)				Control group (n = 25)				p-value ^b	p-value ^c Within time	p-value ^c between Group	p-value ^c Time X Group
	Pre	Post	MD (95%CI)	p-value ^b	Pre	Post	MD (95 %CI)	p-value ^a				
APSV (cm/s)	22.58 ± 42.20 ± 13.14	+ 19.62 20.60 (14.74, 24.49)	< 0.001**		20.98 ± 27.78 ± 9.35	+ 6.80 10.28 (3.83, 9.77)	< 0.001**		0.003*	< 0.001**	0.037*	< 0.001**

Note: APSV — Ankle peak systolic velocity; MD — Mean difference; CI — Confidence interval; Test of significance a — Paired t-test; b — Independent t-test; C — Mixed repeated measure ANOVA; * — Statistically significant at p-value < 0.05; ** — Statistically significant at p-value < 0.01). Data presented as Mean ± SD and range.

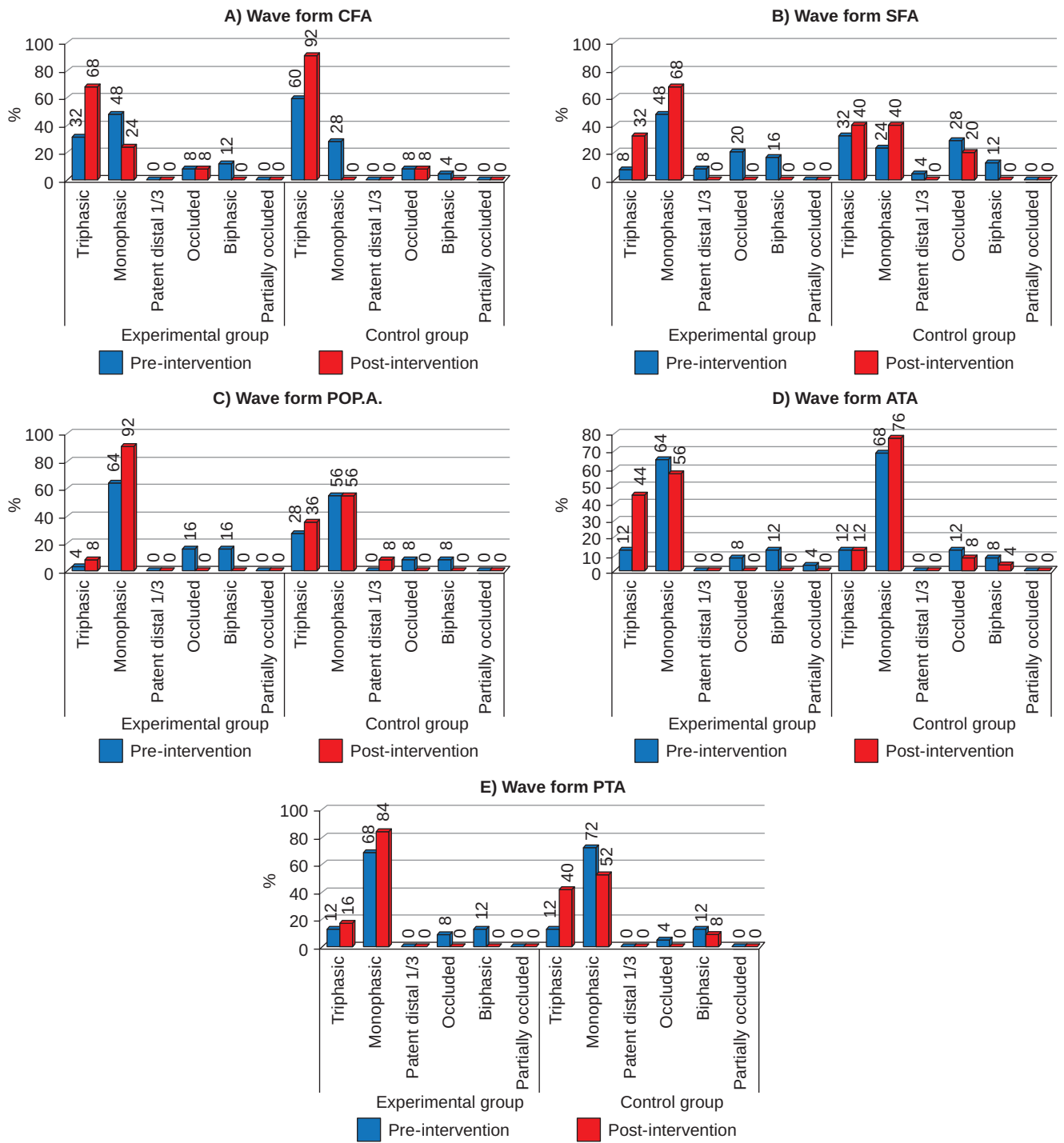


Fig. 3. Comparison of Doppler waveform distribution pre- and post-intervention between the two studied groups

Note: CFA — Common Femoral Artery; SFA — Superficial femoral artery; POP.A — Popliteal artery; PTA — Posterior tibial artery; ATA — Anterior tibial artery.

Pre-intervention, most patients in the experimental group had a monophasic (12 (48.0 %)), followed by triphasic (8 (32.0 %)), biphasic (3 (12.0 %)), and occluded (2 (8.0 %)) regarding waveform CFA. Post-intervention, 6 (24.0 %) patients reported monophasic and 17 (68.0 %) triphasic in the experimental group. In contrast, in the control group, the majority were triphasic (15 (60.0 %)), followed by monophasic (7 (28.0 %)), occluded (2 (8.0 %)), and biphasic (1 (4.0 %)), pre-intervention, but post-intervention, the majority of patients reported triphasic (23 (92.0 %)).

Regarding waveform SFA, 12 patients (48.0 %) had a monophasic waveform, 4 (16.0 %) were biphasic, 2 (8.0 %) were triphasic, 5 (20.0 %) were occluded, and 2 (8.0 %) had patent distal 1/3 in the experimental group pre-intervention. Post-intervention, the experimental group reported 17 (68.0 %) triphasic and 8 (32.0 %) monophasic.

In terms of waveform POP A, the majority of patients in the experimental group (16 (64.0 %)) had a monophasic waveform, followed by biphasic (4 (16.0 %)), occluded (4 (16.0 %)), and triphasic (1 (4.0 %)) waveforms prior to intervention. Post-intervention, 6 (24.0 %) patients in the experimental group reported monophasic patterns, while 2 (8.0 %) reported triphasic patterns.

For the ATA, the experimental group showed 16 (64.0 %) patients had monophasic waveforms, followed by 3 (12.0 %) who had triphasic, 3 (12.0 %) who had biphasic, and 2 (8.0 %) who had occluded waveforms pre-intervention. Post-intervention, it was found that 14 (56.0 %) had monophasic and 11 (44.0 %) triphasic.

In the PTA, the experimental group had a higher frequency of patients with monophasic waveforms (17 (68.0 %)),

followed by 3 (12.0 %) triphasic, 3 (12.0 %) biphasic, and 2 (8.0 %) excluded pre-intervention, while 21 (84.0 %) were monophasic and 4 (16.0 %) triphasic.

Additionally, there was a statistically significant difference between the experimental and control groups regarding the distribution of waveforms, including CFA, SFA, POP A, ATA, and PTA ($p = 0.032, 0.030, 0.013, 0.040$, and 0.040 , respectively).

In terms of Doppler PSV, the experimental group showed a statistically significant rise from pre- to post-intervention across 3 months, whereas the control group showed a statistically significant increase in CFA only from pre- to post-intervention (Table 3). The experimental group improved significantly more than the control group in the following areas after intervention: CFA (80.83 % vs. 29.25 %), SFA (101.058 % vs. 20.24 %), POP A (123.40 % vs. 19.27 %), ATA (171.84 % vs. 43.24 %), and PTA (96.59 % vs. 18.96 %).

There were statistically significant effects of time and treatment for all Doppler PSV, including CFA ($F = 46.420$; $\eta^2 = 0.492$; $p < 0.001$ and $F = 4.618$; $\eta^2 = 0.088$; $p = 0.046$, respectively), SFA ($F = 70.884$; $\eta^2 = 0.596$; $p < 0.001$ and $F = 4.815$; $\eta^2 = 0.091$; $p = 0.033$), POP A ($F = 29.926$; $\eta^2 = 0.384$; $p < 0.001$ and $F = 4.592$; $\eta^2 = 0.087$; $p = 0.037$), ATA ($F = 28.004$; $\eta^2 = 0.368$; $p < 0.001$ and $F = 4.430$; $\eta^2 = 0.084$; $p = 0.041$, respectively), and PTA ($F = 23.952$; $\eta^2 = 0.333$; $p < 0.001$ and $F = 4.983$; $\eta^2 = 0.094$; $p = 0.030$), respectively). Furthermore, time X treatment interaction effects were significant for all PSV measures, as in CFA ($F = 11.643$; $\eta^2 = 0.195$; $p = 0.001$), SFA ($F = 31.811$; $\eta^2 = 0.309$; $p < 0.001$), POP A ($F = 15.915$; $\eta^2 = 0.249$; $p < 0.001$), ATA ($F = 8.889$; $\eta^2 = 0.156$; $p = 0.004$), and PTA ($F = 10.893$; $\eta^2 = 0.185$; $p = 0.002$).

Table 3. Comparison of Doppler peak systolic velocity (PSV) pre- and post-intervention between the two studied groups

Doppler PSV	Experimental group (n = 25)				Control group (n = 25)				p-value ^b	p-value ^c Within time	p-value ^c between c Group	p-value ^c Time X Group
	Pre	Post	MD (95% CI)	p-value ^a	Pre	Post	MD (95% CI)	p-value ^a				
CFA	46.12 ± 23.66	83.40 ± 46.92	+ 37.28 (23.82, 50.74)	< 0.001**	42.40 ± 22.43	54.80 ± 22.75	+ 12.40 (5.66, 19.14)	0.001*	0.009*	< 0.001**	0.046*	0.001**
SFA	34.04 ± 23.05	68.44 ± 22.84	34.40 (28.48, 40.32)	< 0.001**	33.60 ± 29.02	40.40 ± 22.59	6.80 (-1.38, 14.98)	0.099	< 0.001**	< 0.001**	0.033*	< 0.001**
POP A	29.40 ± 22.44	65.68 ± 46.19	36.28 (21.66, 50.90)	< 0.001**	29.48 ± 19.43	35.16 ± 15.59	5.68 (-0.39, 11.75)	0.065	0.003*	< 0.001**	0.037*	< 0.001**
ATA	20.38 ± 14.14	55.40 ± 30.95	35.02 (23.43, 46.61)	< 0.001**	22.62 ± 16.38	32.40 ± 26.19	9.780 (-3.29, 22.86)	0.136	0.007*	< 0.001**	0.041*	0.004**
PTA	27.04 ± 20.24	53.16 ± 26.78	26.12 (16.73, 35.5)	< 0.001**	26.80 ± 15.95	31.88 ± 16.99	5.080 (-4.13, 14.29)	0.266	0.002*	< 0.001**	0.030*	0.002**

Note: PSV — Peak systolic velocity; CFA — Common femoral artery; SFA — Superficial femoral artery; POP A — Popliteal artery; PTA — Posterior tibial artery; ATA — Anterior tibial artery; MD — Mean difference; CI — Confidence interval; Test of significance a — Paired t-test; b — Independent t-test; c — Mixed repeated measure ANOVA; * — Statistically significant at p-value < 0.05; ** — Statistically significant at p-value < 0.01. Data presented as Mean ± SD and range.

Table 4 reveals that the experimental group experienced a statistically significant rise in SmO₂ Max, Min, and AV from baseline to 3 months post-intervention. However, the control group only experienced a large increase in SmO₂ AV, with no changes in Max or Min. The experimental group improved significantly more after three months of intervention, by 76.65 % (Max), 128.65 % (Min), and 73.77 % (AV), than the control group, which improved by 21.94 %, 24.51 %, and 23.50 %, respectively.

There were no statistically significant changes in THB Max, Min, or AV between baseline and 3 months post-intervention in either group. After three months of intervention, no statistically significant differences were seen between the two groups. THB Max did not show statistically significant impacts from time, treatment, or time × treatment interaction.

Adverse events of applied intervention

According to weekly interviews conducted to document any adverse events encountered by the participants, no adverse events related to the use of TENS or aerobic exercise were noted during this study.

To the best of our knowledge, this is the first randomized controlled clinical trial that examined the

effects of treadmill training in conjunction with TENS on the following parameters: muscle oxygenation, Peak velocities and waveform response to treatment in patients with intermittent claudication (stage II Fontaine). The experimental group outperformed the control group in both primary and secondary outcomes, including Doppler examination, APSV, and SmO₂ as we had predicted. However, there was no statistical difference between the groups in THB.

Our findings were consistent with a study showing that TENS can increase resting coronary blood flow velocity. The findings indicate that the site of action is at the microcirculatory level and that the effects could be mediated by brain mechanisms [25]. A study found that TENS resulted in a slight increase in middle cerebral artery (MCA) blood flow velocity (0.78 cm/s) [26].

Furthermore, Castro-Sánchez A.M. et al. discovered that exercise enhanced the blood flow velocity in the dorsalis pedis and posterior tibial arteries [24]. Using the Doppler probe, we were able to measure the pulse volumes of the dorsalis pedis and posterior tibial arteries bilaterally; this method works extremely well for determining the distal flow, blood flow velocity in the stenosis area, and distal flow [27].

Table 4. Comparison of SmO₂ and THB pre- and post-intervention between the two studied groups

Variables	Experimental group (n = 25)				Control group (n = 25)				<i>p</i> -value ^b	<i>p</i> -value ^c Within time	<i>p</i> -value ^c between Group	<i>p</i> -value ^c Time X Group
	Pre	Post	MD (95% CI)	<i>p</i> -value ^a	Pre	Post	MD (95% CI)	<i>p</i> -value ^a				
SmO ₂												
Max.	39.10 ± 19.64	69.07 ± 21.27	29.96 (21.26, 38.67)	< 0.001**	39.48 ± 21.99	48.14 ± 12.37	8.65 (−0.56, 17.86)	0.064	< 0.001**	< 0.001**	0.026*	0.001**
Min.	14.38 ± 9.49	32.88 ± 17.69	18.49 (12.13, 24.86)	< 0.001**	14.65 ± 9.88	18.24 ± 15.04	3.59 (−1.54, 8.7)	0.161	0.003**	< 0.001**	0.032*	< 0.001**
AV.	27.18 ± 12.94	47.23 ± 16.69	20.05 (14.34, 25.76)	< 0.001**	26.89 ± 12.45	33.21 ± 11.16	6.32 (0.94, 11.71)	0.023*	0.001*	< 0.001**	0.035*	0.001**
THB												
Max.	12.44 ± 0.53	12.35 ± 0.56	−0.08 (−0.43, 0.27)	0.626	12.23 ± 0.42	12.36 ± 0.29	0.13 (−0.05, 0.31)	0.148	0.940	0.814	0.295	0.270
Min.	12.16 ± 0.62	12.13 ± 0.33	−0.09 (−0.11, −0.06)	0.832	11.96 ± 0.52	11.90 ± 0.64	−0.01 (−0.16, −0.09)	0.608	0.123	0.617	0.115	0.858
AV.	12.24 ± 0.59	12.22 ± 0.32	−0.02 (−0.26, 0.22)	0.868	12.06 ± 0.51	12.03 ± 0.61	−0.03 (−0.24, 0.18)	0.771	0.173	0.751	0.150	0.946

Note: SmO₂ — Skeletal muscle oxygen saturation; Max — Maximum; Min — Minimum; AV — Average; THB — Total hemoglobin; MD — Mean difference; CI — Confidence interval; Test of significance a — Paired t-test; b — Independent t-test; c — Mixed repeated measure ANOVA; * — Statistically significant at P-value < 0.05; ** — Statistically significant at p-value < 0.01. Data presented as Mean ± SD and range.

Another study contradicted our findings, finding that the time-average-mean velocity and flow volume of the posterior and anterior tibial arteries in both legs did not vary substantially between or between groups across the 6-month intervention. This could be due to mixing resistive exercises with treadmill walking, which is different from our intervention [28].

Our work was the first to show favorable alterations in blood flow waveforms, with fewer monophasic waves and more triphasic waves. That indicates a considerable improvement. Electrical stimulation causes two physiological changes: increased blood flow and an impact on peripheral circulation [29]. As a result, electrical stimulation has an impact on blood flow regulation, and careful modulation of this electrical excitation is required to avoid tissue injury [30].

This finding was consistent with Chauhan A. et al. research, which indicates that TENS may affect the sympathetic nervous system of the heart. They found TENS was associated with a significant increase in mean coronary artery blood flow in 34 patients with chest pain [31]. Moreover, Kaada B. et al. reported that TENS promoted vasodilatation in people with diabetic neuropathy and Raynaud's phenomenon [32].

Furthermore, this was a novel research feature about the effect of combined supervised treadmill training with TENS on SmO₂, which showed a beneficial effect because TENS promoted vasodilation, boosting perfusion and oxygen extraction. Our findings were consistent with those of Baker W.B. et al. study, which found that exercise training increased the vasculature's ability to increase oxygen extraction and delivery during physical activity. These improvements in oxygen extraction and delivery result in improved oxidative metabolism in muscles [33].

Manfredini F. et al. discovered that the medial gastrocnemius muscle's oxygenated hemoglobin levels increased. The subcategory that received planned training at a predetermined intensity saw significant gains in dynamic muscle perfusion. This group displayed enhanced walking performance, as well as a higher ability to receive oxygen from the calf [34].

Baker W.B. et al. found that treadmill activity increased peak leg muscle blood supply and oxygen consumption by 29 % (13 %, 50 %) and 8 % (1 %, 12 %), respectively, during monitored training sessions [$p < 0.001$; median (25th percentile, 75th percentile)]. Compared to the control group, the exercise group's overall benefits were significantly greater [33]. However, Beckitt T.A. et al. showed that angioplasty, but not supervised exercise training, modestly enhanced gastrocnemius muscle oxygenation during submaximal activity in claudicants, which contradicts our findings and could be related to differing treatment procedures followed in the study [35].

Regarding THB, there were no statistically significant changes in our result, which concurred with Baker's study. Even though increased capillary circulation expansion suggests that exercise training may have a significant impact on total hemoglobin/myoglobin concentration (i. e., micromole per volume of tissue), no obvious increases in THC were observed [33].

Muscle contraction and capillary blood volume expansion are two opposing variables that may impact THC during exercise. THC is lowered when muscular contraction compresses the venous component of the vascular tree, causing the muscle to expel venous blood volume. THC, on the other hand, increases with increased capillary blood volume [33]. Capillary blood volume expansion affects hemoglobin in the blood, but it has no effect on myoglobin in muscle. As a result, the unknown but approximate 20 % myoglobin contribution to the THC signal [28] may reduce the sensitivity of the THC measurement to changes in capillary blood volume [35].

CONCLUSION

This trial is the first to use treadmill training in conjunction with TENS as an adjuvant method to improve vascular function in people with PAD. This strategy may be used by patients over time to improve their walking abilities and might be introduced into normal care in cardiovascular retraining.

ADDITIONAL INFORMATION

Hadeer K. Abdelazim, Assistant Lecturer, Department for Cardiovascular/Respiratory Disorder and Geriatrics, Faculty of Physical Therapy, Cairo University.

E-mail: hadeer.kamal@pt.cu.edu.eg;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9456-4239>

Azza A. Abdelhady, Professor, Department of Physical Therapy for Cardiovascular/Respiratory Disorder and Geriatrics, Faculty of Physical Therapy, Cairo University.

Ahmed A. Shaker, Assistant Professor at the Department of Vascular and Endovascular Surgery, Kasr-Al Ainy Hospital, Cairo University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7705-0354>

Asmaa H.I. Habib, Lecturer, Department of Diagnostic Radiology, Cairo University.

Marwa M. Elsayed, Assistant Professor at the Department of Physical Therapy for Cardiovascular/Respiratory Disorder and Geriatrics, Faculty of Physical Therapy, Cairo University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1854-6541>

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: Abdelazim H.K., Abdelhady A.A., Shaker A.A., Habib A.H.I., Elsayed M.M. — conceptualization, methodology, software, validation, formal analysis, investigation, resources, data curation, writing — original draft, writing — review & editing, visualization, supervision, project administration, funding acquisition.

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.

Ethical 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 study was approved by the Local Ethics Committee of faculty of physical therapy Cairo University, Egypt, ethics reference No. P.T.REC/012/004528 dated 05.04.2023.

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patient(s).

Written consent was obtained from all patients (legal representatives) for publication of all relevant medical information included in the manuscript.

Acknowledgements. The authors acknowledges all study participants for agreeing to take part in it, and the vascular surgery department at Kasr Elainy Medical School's Drs. Mona Talaat, Sherif Adel Abdallah, Ahmed Said El Sagher,

and Dr. Ataa Ahmed for their assistance in collecting the sample.

Data Access Statement. The authors confirm that data supporting the conclusions of this study are available in the online supplement to this article. Data supporting the conclusions of this study are available in the online supplement to this article at: <https://scholar.cu.edu.eg/hadeerk>.

References

- Eid M.A., Mehta K., Barnes J.A., et al. The global burden of peripheral artery disease. *J Vasc Surg.* 2023 ; 77(4):1119–1126.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2022.12.015>
- Herman W.H., Ali M.A., Aubert R.E., et al. Diabetes mellitus in Egypt: risk factors and prevalence. *Diabet Med.* 1995; 12(12):1126–1131. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.1995.tb00432.x>
- Allison M.A., Ho E., Denenberg J.O., et al. Ethnic-specific prevalence of peripheral arterial disease in the United States. *Am J Prev Med.* 2007; 32(4):328–333. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2006.12.010>
- Hussein E.A. Peripheral Atherosclerotic Occlusive Disease and Lower Limb Ischemia in Egypt: Current Status. *Vascular Surgery: A Global Perspective.* 2017;105–108. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33745-6_18
- Gerhard-Herman M.D., Gornik H.L., Barrett C., et al. 2016 AHA/ACC Guideline on the Management of Patients with Lower Extremity Peripheral Artery Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2017; 135(12):e726–e779. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000471>
- Hedhli J., Cole J.A., Memon W., et al. Facing the Challenges of Peripheral Arterial Disease in the Era of Emerging Technologies. *JVS-Vascular Insights.* 2024: 100095. <https://doi.org/10.1016/j.jvsvi.2024.100095>
- Campia U., Gerhard-Herman M., Piazza G., Goldhaber S.Z. Peripheral artery disease: past, present, and future. *Am J Med.* 2019; 132(10):1133–1141. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2019.04.043>
- Criqui M.H., Matsushita K., Aboyans V., et al. American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention; Council on Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology; Council on Cardiovascular Radiology and Intervention; Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health; Council on Peripheral Vascular Disease; and Stroke Council. Lower Extremity Peripheral Artery Disease: Contemporary Epidemiology, Management Gaps, and Future Directions: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2021; 144(9):e171–e191. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001005>
- Layden J., Michaels J., Birmingham S., Higgins B. Guideline Development Group. Diagnosis and management of lower limb peripheral arterial disease: summary of NICE guidance. *BMJ.* 2012; 345:e4947. <https://doi.org/10.1136/bmj.e4947>
- Firnhaber J.M., Powell C.S. Lower Extremity Peripheral Artery Disease: Diagnosis and Treatment. *Am Fam Physician.* 2019; 99(6):362–369.
- Abaraogu U., Ezenwankwo E., Dall P., et al. Barriers and enablers to walking in individuals with intermittent claudication: A systematic review to conceptualize a relevant and patient-centered program. *PloS one.* 2018; 13(7):e0201095. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201095>
- Oresanya L., Mazzei M., Bashir R., et al. Systematic review and meta-analysis of high-pressure intermittent limb compression for the treatment of intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 2018; 67(2):620–628.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.11.044>
- Abaraogu U.O., Dall P.M., Brittenden J., et al. Efficacy and Feasibility of Pain management and Patient Education for Physical Activity in Intermittent claudication (PREPAID): protocol for a randomised controlled trial. *Trials.* 2019; 20(1):222. <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3307-6>
- Seenan C., McSwiggan S., Roche P.A., et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation improves walking performance in patients with intermittent claudication. *J Cardiovasc Nurs.* 2016; 31(4):323–330. <https://doi.org/10.1097/JCN.0000000000000258>
- Besnier F., Senard J.M., Grémeaux V., et al. The efficacy of transcutaneous electrical nerve stimulation on the improvement of walking distance in patients with peripheral arterial disease with intermittent claudication: study protocol for a randomised controlled trial: the TENS-PAD study. *Trials.* 2017; 18:1–9. <https://doi.org/10.1186/s13063-017-1997-1>
- Bearne L.M., Volkmer B., Peacock J., et al. Effect of a home-based, walking exercise behavior change intervention vs usual care on walking in adults with peripheral artery disease: the MOSAIC randomized clinical trial. *JAMA.* 2022; 327(14):1344–1355. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.3391>
- Schmidt U., Frewer A., Sprumont D., editors. Ethical research: the Declaration of Helsinki, and the past, present, and future of human experimentation. Oxford University Press. 1st Ed. 2020; 610 p.
- Aboyans V., Ricco J.B., Bartelink M., et al. 2017 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral arterial diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Kardiol Pol.* 2017; 75(11):1065–1160. Polish. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx095>
- Treat-Jacobson D., McDermott M.M., Bronas U.G., et al. American Heart Association Council on Peripheral Vascular Disease; Council on Quality of Care and Outcomes Research; and Council on Cardiovascular and Stroke Nursing. Optimal Exercise Programs for Patients with Peripheral Artery Disease: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2019; 139(4):e10–e33. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000623>
- Azene E.M., Steigner M.L., Aghayev A., et al. ACR appropriateness criteria® lower extremity arterial claudication-imaging assessment for revascularization: 2022 update. *J Am Coll Radiol.* 2022; 19(11S):S364–S373. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2022.09.002>
- Sibley III R.C., Reis S.P., MacFarlane J.J., et al. Noninvasive physiologic vascular studies: a guide to diagnosing peripheral arterial disease. *Radiographics.* 2017; 37(1):346–357. <https://doi.org/10.1148/rg.2017160044>
- Bosiers M., Hart J.P., Deloose K., et al. Endovascular therapy as the primary approach for limb salvage in patients with critical limb ischemia: experience with 443 infrapopliteal procedures. *Vascular.* 2006; 14(2):63–69. <https://doi.org/10.2310/6670.2006.00014>
- Miller A.J., Luck J.C., Kim D.J., et al. Blood pressure and leg deoxygenation are exaggerated during treadmill walking in patients with peripheral artery disease. *J Appl Physiol* (1985). 2017; 123(5):1160–1165. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00431.2017>
- Castro-Sánchez A.M., Mataran-Penarrocha G.A., Feriche-Fernandez-Castany B., et al. A program of 3 physical therapy modalities improves peripheral arterial disease in diabetes type 2 patients: a randomized controlled trial. *J Cardiovasc Nurs.* 2013; 28(1):74–82. <https://doi.org/10.1097/JCN.0b013e318239f419>
- Chauhan A., Mullins P.A., Thuraishingham S.I., et al. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on coronary blood flow. *Circulation.* 1994; 89(2):694–702. <https://doi.org/10.1161/01.cir.89.2.694>
- Ter Laan M., van Dijk J.M., Elting J.W., et al. The influence of transcutaneous electrical neurostimulation (TENS) on human cerebral blood flow velocities. *Acta Neurochir (Wien).* 2010; 152:1367–1373. <https://doi.org/10.1007/s00701-010-0678-6>
- Bonnin P., Fressonnet R. Principles of hemodynamics and sonographic techniques for the evaluation of arteries. *J Radiol.* 2005; 86(6 Pt 1):615–627. [https://doi.org/10.1016/s0221-0363\(05\)81417-9](https://doi.org/10.1016/s0221-0363(05)81417-9)

28. Machado I, Ferreira J, Magalhães C., et al. Six-month effects of supervised exercise on walking ability and health-related factors in peripheral arterial disease: a pilot study. *Int Angiol.* 2023; 42(5):371–381. <https://doi.org/10.23736/S0392-9590.23.05085-X>
29. Guyton A.C., Hall J.E. Textbook of medical physiology, 11th Ed. Philadelphia. W.B. Saunders Co. 2012.
30. Sammons E.L., Samani N.J., Smith S.M., et al. Influence of noninvasive peripheral arterial blood pressure measurements on assessment of dynamic cerebral autoregulation. *J Appl Physiol.* 2007; 103(1):369–375. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00271.2007>
31. Jessurun G.A., Tio R.A., De Jongste M.J., et al. Coronary blood flow dynamics during transcutaneous electrical nerve stimulation for stable angina pectoris associated with severe narrowing of one major coronary artery. *Am J Cardiol.* 1998; 82(8):921–926. [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(98\)00506-2](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(98)00506-2)
32. Kaada B. Vasodilation induced by transcutaneous nerve stimulation in peripheral ischemia (Raynaud's phenomenon and diabetic polyneuropathy). *Eur Heart J.* 1982; 3(4):303–314. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a061312>
33. Baker W.B., Li Z., Schenkel S.S., et al. Effects of exercise training on calf muscle oxygen extraction and blood flow in patients with peripheral artery disease. *J Appl Physiol.* 2017; 123(6):1599–1609. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00585.2017>
34. Manfredini F, Malagoni A.M., Mandini S., et al. Near-infrared spectroscopy assessment following exercise training in patients with intermittent claudication and in untrained healthy participants. *Vasc Endovascular Surg.* 2012; 46(4):315–324. <https://doi.org/10.1177/1538574412443318>
35. Beckitt T.A., Day J., Morgan M., Lamont P.M. Calf muscle oxygen saturation and the effects of supervised exercise training for intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 2012; 56(2):470–475. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2011.11.140>

Функциональная магнитно-резонансная томография в прогнозировании результатов реабилитации после инсульта: экспериментальное клиническое исследование

 Погонченкова И.В.¹,  Костенко Е.В.^{1,2},  Кашежев А.Г.¹,  Петрова Л.В.^{1,*}

¹ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Определение реабилитационного потенциала (РП) после ишемического инсульта (ИИ) является важным аспектом для прогноза восстановления нарушенных функций и выбора реабилитационных мероприятий. В настоящее время не существует универсального и достоверного метода определения реабилитационного потенциала. Имеющиеся протоколы предназначены для определения прогноза в основном в остром периоде ИИ и не обладают достаточной специфичностью и чувствительностью. В качестве одного из возможных методов определения реабилитационного потенциала может рассматриваться функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ).

ЦЕЛЬ. Определение возможности использования фМРТ в качестве предиктора функционального восстановления после перенесенного ИИ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании приняли участие 34 пациента (возраст составил 62,0 [58,0; 65,0] года) в ранний восстановительный период ИИ с геми- или монопарезом от 2 до 4 баллов по MRC, проходившие медицинскую реабилитацию (МР) на базе ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы» в течение 12 дней. Всем пациентам проводилась кинезиотерапия и физиотерапевтическое лечение. Для анализа динамики функциональных нарушений использовали шкалы MRCS, MAS, FMA-UE, NHPT, FAT, ARAT, BBT, TUG, Тинетти, BBS, RMI, BI. Всем пациентам была проведена фМРТ с простой двигательной задачей для каждой конечности с целью определения степени активации зон коры головного мозга.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. По завершении курса МР выявлена статистически значимая динамика по шкалам Тинетти, NHPT, BBT, BBS, FMA-UE, RMI и BI, TUG, ARAT, FAT, MRCS ($p < 0,01$). Динамика функционального восстановления у пациентов с высокой степенью активации коры головного мозга показала лучшие результаты по FMA UE без достоверных различий с пациентами с низкой активацией коры. Выявлены отличия в активности отдельных зон головного мозга при выполнении элементарного моторного задания. Увеличение активности в пораженном полушарии во время выполнения простого задания паретичной конечностью демонстрировало тенденцию к лучшему восстановлению функции, хотя и не достигало статистической значимости ($p = 0,056$). У пациентов с низкой степенью активации пораженного полушария при выполнении движений паретичной рукой дополнительно активировалось ипсилатеральное полушарие мозжечка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты исследования не позволяют с уверенностью утверждать о надежности фМРТ для прогнозирования функционального восстановления. Необходимо дальнейшее изучение фМРТ для оценки эффективности применения метода в клинической практике.

РЕГИСТРАЦИЯ: Идентификатор Clinicaltrials.gov № NCT05944666; зарегистрировано 06.07.2023.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: функциональная МРТ, нейрореабилитация, реабилитационный потенциал, двигательная реабилитация, медицинская реабилитация, нейровизуализация

Для цитирования / For citation: Погонченкова И.В., Костенко Е.В., Кашежев А.Г., Петрова Л.В. Функциональная магнитно-резонансная томография в прогнозировании результатов реабилитации после инсульта: экспериментальное клиническое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):66–76. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-66-76> [Pogonchenkova I.V., Kostenko E.V., Kashezhev A.G., Petrova L.V. Functional Magnetic Resonance Imaging in Predicting Post-Stroke Rehabilitation Outcomes: a Pilot Clinical Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):66–76. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-66-76> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Петрова Людмила Владимировна, E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru, nauka-org@mail.ru

Статья получена: 24.03.2025
Статья принята к печати: 11.04.2025
Статья опубликована: 16.06.2025

Functional Magnetic Resonance Imaging in Predicting Post-Stroke Rehabilitation Outcomes: a Pilot Clinical Study

 Irena V. Pogonchenkova¹,  Elena V. Kostenko^{1,2},  Alim G. Kashezhev¹,
 Liudmila V. Petrova^{1,*}

¹ S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Determining the rehabilitation potential (RP) after ischemic stroke (IS) is a key aspect for predicting the restoration of impaired functions and selecting appropriate rehabilitation strategies. Currently, there is no universal and reliable method for assessing RP. Existing protocols are primarily designed to predict outcomes in the acute phase of IS and lack sufficient specificity and sensitivity. Functional magnetic resonance imaging (fMRI) may be considered a potential method for RP assessment.

AIM. To evaluate the feasibility of using fMRI as a predictor of functional recovery following IS.

MATERIALS AND METHODS. The study included 34 patients (age 62.0 [58.0; 65.0] years) in the early recovery period after IS, presenting with hemi- or monoparesis scored between 2 and 4 on the MRC scale, who underwent medical rehabilitation (MR) at the S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine for 12 days. All patients received kinesiotherapy and physiotherapy. To assess baseline status and track changes in functional impairments, the following scales were used: MRCS, MAS, FMA, NHPT, FAT, ARAT, BBT, TUG, Tinetti, BBS, RMI, BI. All participants underwent fMRI with a simple motor task for each limb to evaluate the degree of activation in the cerebral cortex.

RESULTS AND DISCUSSION. Upon completion of the MR course, statistically significant improvements were observed in the Tinetti, NHPT, BBT, BBS, FMA-UE, RMI, BI, TUG, ARAT, FAT, MRCS scales ($p < 0.01$). Patients with higher cortical activation showed better outcomes in FMA-UE scores, although no statistically significant differences were found compared to those with lower cortical activation. Distinct activation patterns in specific brain areas were observed during the performance of elementary motor tasks. Increased activity in the affected hemisphere during paretic limb movements was associated with a trend toward better recovery, though this did not reach statistical significance ($p = 0.056$). In patients with low activation of the affected hemisphere, ipsilateral cerebellar hemisphere activation was additionally observed during movement of the paretic hand.

CONCLUSION. The study results do not provide sufficient evidence to confirm the reliability of fMRI in predicting functional recovery. Further research is required to evaluate the effectiveness of this method in clinical practice.

REGISTRATION: Clinicaltrials.gov identifier No. NCT05944666, registered 06.07.2023.

KEYWORDS: functional MRI, neurorehabilitation, rehabilitation potential, motor rehabilitation, medical rehabilitation, neuroimaging

For citation: Pogonchenkova I.V., Kostenko E.V., Kashezhev A.G., Petrova L.V. Functional Magnetic Resonance Imaging in Predicting Post-Stroke Rehabilitation Outcomes: a Pilot Clinical Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):66–76. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-66-76> (In Russ.).

* **For correspondence:** Liudmila V. Petrova, E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru, nauka-org@mail.ru

Received: 24.03.2025

Accepted: 11.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Ишемический инсульт (ИИ) остается второй по распространенности причиной смерти и ведущей причиной инвалидизации, несмотря на успехи в профилактике и лечении. Среди выживших после ИИ пациентов 10–25 % восстанавливают утраченные функции до исходного уровня, остальные сохраняют либо инвалидизирующие, либо значительно ухудшающие качество жизни последствия [1–4].

Прогнозирование функционального исхода после инсульта является важным аспектом для планирования реабилитационных мероприятий, определения индивидуальной траектории восстановления пациента и оптимизации распределения ресурсов здравоохранения. Методы клинической оценки с помощью шкал ограничены своей субъективностью и недостаточной чувствительностью к нейронным механизмам, лежащим

в основе восстановления. В последние годы исследователями и клиницистами накоплен опыт применения методов нейровизуализации для оценки структурных и функциональных изменений вследствие ИИ, которые дают количественную и визуальную информацию о поражении головного мозга и его адаптации к повреждению [5].

Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография (МРТ) в острой фазе инсульта позволяют выявить наличие кровоизлияния, исключить другие внутричерепные патологии, оценить размеры инфаркта, состояние пенумбры, наличие сопутствующих поражений белого вещества. Объем и локализация инфаркта, определенные с помощью МРТ, рассматриваются как значимые предикторы функционального исхода [6].

Нейровизуализация регистрирует функциональные процессы, происходящие в мозге после инсульта. Функ-

циональная МРТ (фМРТ) определяет изменения кровотока, связанные с нейронной активностью, позволяет картировать области мозга, вовлеченные в выполнение двигательных и когнитивных задач. Посредством диффузионно-тензорной визуализации можно оценить состояние трактов белого вещества, нарушение целостности которых (особенно кортикоспинального) ассоциируется с худшим моторным восстановлением. Полученные с помощью структурной МРТ и диффузионно-тензорной визуализации данные о морфологических изменениях предопределяют прогноз восстановления пациента. Установлено, что повышение индекса фракционной анизотропии в проводящих путях более 0,15 связано с худшим двигательным восстановлением. Имеются данные о возможности применения фМРТ для прогнозирования функциональных исходов ИИ [7].

В первые сутки после инсульта фМРТ фиксирует нарушение паттернов активности мозга: повышение активности контралатеральной моторной коры и снижение активности субкортикальных структур. Это приводит к вовлечению более обширной области мозга в реализацию движения, включая контралатеральную моторную кору [8–14]. В ранний восстановительный период нормализуется межполушарное взаимодействие и снижается выраженность асимметрии за счет уменьшения активности интактного и повышения активности пораженного полушария головного мозга, что коррелирует с улучшением двигательных функций. Происходит реинтеграция пораженного полушария в исходные нейронные сети для тех случаев, когда это возможно. Реорганизация коннектомов подтверждается изменениями в паттернах активации головного мозга [15–20]. В одном пилотном исследовании было показано, что у пациентов с исходно повышенной активацией премоторной коры пораженного полушария отмечалось более существенное улучшение функции верхней конечности в отдаленный период инсульта [21].

В поздний восстановительный период реорганизация нейронных сетей завершается, активность нейропластичности снижается. Высокий уровень восстановления функций связан с активацией моторной и премоторной коры пораженного полушария, в то время как активация атипичных зон (червь или базальные ядра) коррелирует с низкой эффективностью медицинской реабилитации (МР) [22, 23].

Функциональная МРТ проводится с использованием двух различных парадигм: resting-state фМРТ (rs-фМРТ) — данные получают в покое, task-based фМРТ (tb-фМРТ) — испытуемые выполняют двигательные или когнитивные задачи. Проведенные исследования подтвердили возможность применения rs-фМРТ с анализом функциональных сетей в качестве предиктора функционального восстановления для персонализации МР [24]. Task-based фМРТ также демонстрирует некоторую эффективность в прогнозировании функциональных исходов [25–28]. Таким образом, фМРТ может рассматриваться как метод оценки динамики реабилитационного процесса и эффективности МР.

ЦЕЛЬ

Определение возможности использования фМРТ в качестве предиктора функционального восстановления после перенесенного ИИ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе ГАУЗ МНПЦ МРВСМ им. С.И. Спасокукоцкого ДЗМ. В НИИ Скорой помощи им. Н.В. Склифосовского проводилась фМРТ на магнитно-резонансном томографе Signa HDxt 3.0T (GE Healthcare, США). Протокол исследования зарегистрирован на clinicaltrials.gov: ClinicalTrials.gov ID: NCT05944666.

В исследование включены пациенты в возрасте от 40 до 80 лет с установленным диагнозом ИИ в острый и ранний восстановительный периоды с наличием гемипареза различной степени выраженности. Все пациенты прошли базисный курс МР в течение 12 дней, включавший в себя кинезиотерапию (массаж, лечебная гимнастика, механотерапия) и физиотерапевтические процедуры (магнитотерапия). Все участники подписали информированное согласие.

Критериями невключения в исследование являлись: очаговое поражение головного мозга иной этиологии; выраженные когнитивные нарушения (менее 20 баллов по MoCA); клинически выраженные аффективные расстройства (11 баллов и более по HADS); сенсорная и грубая моторная афазия; эпилепсия; наличие электронных стимуляторов, металлических имплантатов в области головы. Используемые для оценки неврологического статуса шкалы представлены в таблице 1.

Клинико-неврологическое исследование и оценка по шкалам выполнялись исходно (T0) и по завершении курса МР (T1).

Всем пациентам была проведена анатомическая (T1w) и функциональная (BOLD) МРТ головного мозга с выполнением простой двигательной задачи для каждой конечности (task-based). Каждое исследование имело блоковый характер и включало в себя 5 блоков покоя и 4 блока задачи по 30 сек на каждый, общей длительностью одной серии фМРТ 270 сек. Было получено 90 объемов, преобразованных в формат 4D. Полученные результаты были сконвертированы в формат NIFTI и организованы в наборы данных согласно стандарту BIDS (Brain Imaging Data Structure), который представляет собой открытый формат для организации данных нейровизуализации. BIDS имеет строгую иерархическую структуру каталогов, правила наименования файлов и форматы хранения метаданных, что обеспечивает единообразие данных при постобработке [29, 30].

Данные для пациентов с поражением правого полушария были «отзеркалены» для нивелирования межполушарной асимметрии и корректного анализа. Таким образом, поражение всегда было локализовано в левом полушарии. В дальнейшем полученные значения были обработаны с использованием протокола fMRIPrep (версия 23.0.2), разработанного Оскаром Эстебана с соавт. для стандартизации и автоматизации предобработки данных фМРТ. Он объединяет в конвейер алгоритмы из пакетов FSL, FreeSurfer, AFNI и ANTs, что обеспечивает высокую воспроизводимость результатов [31–33].

Предварительная обработка анатомического изображения включала следующие этапы: коррекцию интенсивности с использованием N4BiasFieldCorrection из программного пакета ANTs 2.3.3 для дальнейшего использования в качестве референсного изображения, удаление изображений черепа и мягких тканей с применением `antsBrainExtraction.sh` через библиотеку NiPype, сегментацию головного мозга, реконструк-

Таблица 1. Шкалы и опросники, используемые в исследовании
Table 1. Scales and questionnaires used in the study

Исследуемая функция / Function under study	Методика обследования / Examination methodology
Функция мышечной силы / Muscle strength function	Шкала для оценки мышечной силы комитета медицинских исследований, MRCS / Medical Research Council Scale, MRCS
Функция мышечного тонуса / Muscle tone function	Шкала спастичности Эшворта, MAS / Modified Ashworth Scale, MAS
Состояние двигательной функции верхней конечности / Condition of the motor function of the upper limb	Шкала Фугл-Мейер для верхней конечностей, FMA-UE / The Fugl-Meyer Assessment for upper extremity, FMA-UE Тест моторной активности руки, ARAT / The Action Research Arm Test, ARAT Тест с колышками и девятью отверстиями, NHPT / Nine-hole peg test, NHPT Тест для руки Френчай, FAT / The Frenchay Arm Test, FAT Тест «Кубики в коробке», BBT / Box and Block Test, BBT
Функция ходьбы / Mobility	Тест на прохождение 10 метров (м/сек) / 10 Metre Walk Test (m/sec) Индекс мобильности Ривермид, RMI / Rivermead Mobility Index, RMI
Функция равновесия / Balance	Шкала Тинетти, POMA / Tinetti scale, Performance-Oriented Mobility Assessment, POMA Шкала равновесия Берг, BBS / The Berg Balance Scale, BBS Тест на время «Встань и иди», TUG / Timed Up and Go test, TUG
Функциональная независимость / Functional independence	Шкала Бартел, BI / Barthel ADL Index: activities of daily living, BI Шкала реабилитационной маршрутизации, ШРМ / Rehabilitation routing scale, RRS
Домены МКФ / ICF Domains	b7301 — сила одной конечности (отдельно для верхней и для нижней) / b7301 — power of muscles of one limb (separate for upper and lower) b760 — контроль произвольных двигательных функций / b760 — control of voluntary movement functions b770 — стереотип походки / b770 — gait pattern d440 — использование точных движений кисти / d440 — fine hand use d598 — самообслуживание / d598 — self-care

Примечание: МКФ — международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья.
Note: ICF — International Classification of Functioning, Disability and Health.

цию коры с использованием FreeSurfer 7.3.2 и ANTs. В последующем была проведена нормализация полученных изображений в стандартное пространство MNI152NLin2009cAsym (использовался шаблон ICBM 152 Nonlinear Asymmetrical template version 2009c). Каждая серия функциональных изображений обрабатывалась отдельно. Сначала, используя методологию fMRIprep, формировался опорный объем и его версии без черепа. Далее с помощью mcflirt (FSL) вычислялись параметры движения головы (матрицы преобразования) по отношению к опорному объему. Затем применялась коррекция временных задержек срезов (slice-timing correction) с помощью 3dTshift (AFNI). Трансформированные изображения возвращались в исходное пространство. После этого проводилась корегистрация с анатомическим изображением (bregister, FreeSurfer 7.3.2). Для каждой функциональной серии определялись артефакты от движения головы и физиологические регрессоры для уменьшения шума (tCompCor, aCompCor). Полученные данные были нормализованы в стандартное пространство MNI152NLin2009cAsym. В завершении, после исключения невалидных объемов и пространственного сглаживания (Гауссово сглаживание), применялся алгоритм ICA-AROMA для удаления шумов.

Постобработка и анализ результатов, а также визуализация проводились с использованием программных

пакетов Nilearn и FSL. Статистический анализ проводился с использованием программных пакетов Microsoft Office (Microsoft, США) и программы StatTech v. 4.8.0 (разработчик — ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро — Уилка. При сравнении количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, в двух связанных группах использовался U-критерий Вилкоксона. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследование включено 34 человека, перенесших ИИ супратенториальной локализации с постинсультным геми- или монопарезом в 2–4 балла по шкале MRC, мышечным тонусом по шкале MAS от 1 до 3 баллов. Медиана давности инсульта составила 17,0 [13,25; 60,75] дней. Средний возраст участников — 62,0 [58,0; 65,0] года.

Проведен сравнительный анализ динамики клинических показателей исходно (T0) и непосредственно после завершения МР (T1). Выявлена статистически значимая динамика по шкалам Тинетти, NHPT, BBT, BBS, FMA-UE, RMI, TUG, ARAT и FAT, BI ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона) (табл. 2).

Таблица 2. Динамика клинических показателей пациентов, перенесших ишемический инсульт
Table 2. Dynamics of clinical indicators in patients after ischemic stroke

Шкала / Scale	Визиты / Visits		T0			T1			p
			Медиана / Median	Q1	Q3	Медиана / Median	Q1	Q3	
Шкала Тинетти, равновесие, балл / Tinetti scale, balance, score			14,00	10,00	15,75	15,00	12,25	16,00	< 0,01*
Шкала Тинетти, ходьба, балл / Tinetti scale, walking, score			9,50	9,00	11,00	11,00	11,00	12,00	< 0,01*
Шкала Тинетти, суммарный балл / Tinetti scale, total score			22,50	18,00	26,00	26,00	24,00	28,00	< 0,01*
TUG, сек / TUG, sec			11,00	9,00	15,75	9,00	8,00	15,75	< 0,01*
NHPT, сек / NHPT, sec			57,50	24,00	86,75	41,00	18,25	66,50	< 0,01*
BBT, балл / BBT, score			27,50	19,25	34,00	35,00	27,25	45,75	< 0,01*
BBS, балл / BBS, score			49,00	42,00	52,75	54,00	48,00	56,00	< 0,01*
RMI, балл / RMI, score			10,00	8,00	11,00	12,00	10,00	14,00	< 0,01*
FMA-UE, балл / FMA-UE, score			45,00	36,25	51,00	60,00	45,50	63,00	< 0,01*

Примечание: TUG — тест на время «Встань и иди»; NHPT — тест с колышками и девятью отверстиями; BBT — тест «Кубики в коробке»; BBS — шкала равновесия Берг; RMI — индекс мобильности Ривермид; FMA-UE — шкала Фугл-Мейер для верхней конечностей; T0 — исходный показатель; T1 — показатель после завершения медицинской реабилитации; * — $p < 0,05$ — значимость различий по сравнению с исходными показателями.

Note: TUG — Timed Up and Go test; NHPT — nine-hole peg test; BBT — Box and Block Test; BBS — The Berg Balance Scale; RMI — Rivermead Mobility Index; FMA-UE — The Fugl-Meyer Assessment for upper extremity; T0 — baseline indicator; T1 — indicator after completion of medical rehabilitation; * — $p < 0.05$ — statistically significant differences compared to baseline values.

Динамика показателей мобильности, ходьбы и равновесия

Продemonстрировано статистически значимая положительная динамика RMI с 10 [8; 11] до 12 [10; 14] единиц ($p < 0,01$). Медиана общего балла по шкале Тинетти увеличилась с 22,5 [18; 26] до 26 [24; 28] ($p < 0,01$), при этом изменения в подшкалах были сопоставимы, без различий в отношении равновесия или ходьбы. Тест TUG выявил схожую тенденцию: среднее время, затраченное на прохождение дистанции, уменьшилось с 11 [9;15,75] до 9 [8;15,75] сек ($p < 0,01$). Отмечалось повышение среднего балла по BBS после курса МР с 49 [42; 52,75] до 54 [48; 56] ($p < 0,01$).

Функция верхней конечности

По данным NHPT среднее время выполнения теста уменьшилось с 57,5 [24,0; 86,75] до 41 [18,25; 66,5] сек ($p < 0,01$) (рис. 1). Средний балл BBT возрос с 27,5 [19,25; 34] до 35 [27,25; 45,75] кубиков ($p < 0,01$) (рис. 2). Оценка по FMA-UE продемонстрировала увеличение среднего балла с 45 [36,25; 51] до 60 [45,5; 63] ($p < 0,01$). Отмечено статистически значимое улучшение по MRCS в пораженных конечностях в среднем на 0,5 балла верхних и нижних конечностей ($p < 0,01$).

Анализ динамики значений определителя выявил статистически значимое улучшение в следующих доменах МКФ: b7301 — сила одной конечности (отдельно для верхней и для нижней), b760 — контроль произвольных двигательных функций, b770 — стереотип походки, d440 — использование точных движений кисти, d598 — самообслуживание. Это свидетельствовало об уменьшении выраженности функциональных нарушений (рис. 3–5).

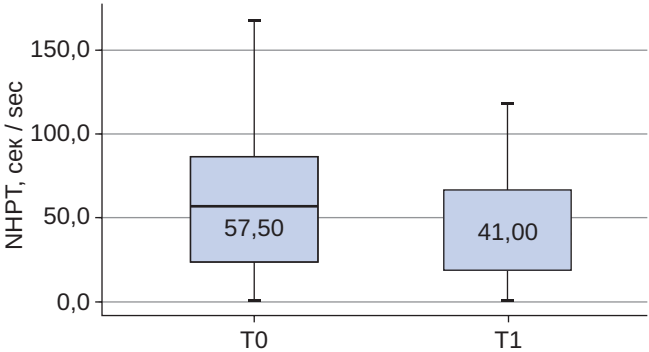


Рис. 1. Анализ динамики NHPT (nine-hole peg test, тест с колышками и девятью отверстиями)

Fig. 1. Analysis of NHPT (Nine-Hole Peg Test) dynamics

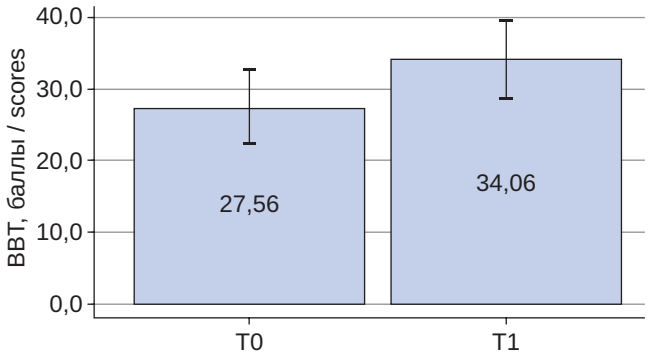


Рис.2. Анализ динамики BBT (Box and Block Test, тест «Кубики в коробке»)

Fig.2. Analysis of BBT (Box and Block Test) dynamics

ПОГОНЧЕНКОВА И.В. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

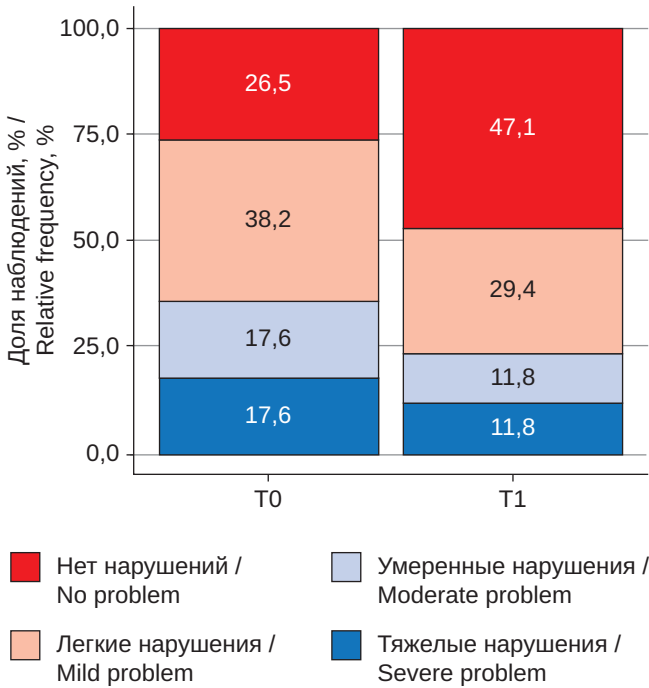


Рис. 3. Анализ динамики b760 — контроль произвольных двигательных функций
Fig. 3. Analysis of b760 — Control of voluntary movement functions

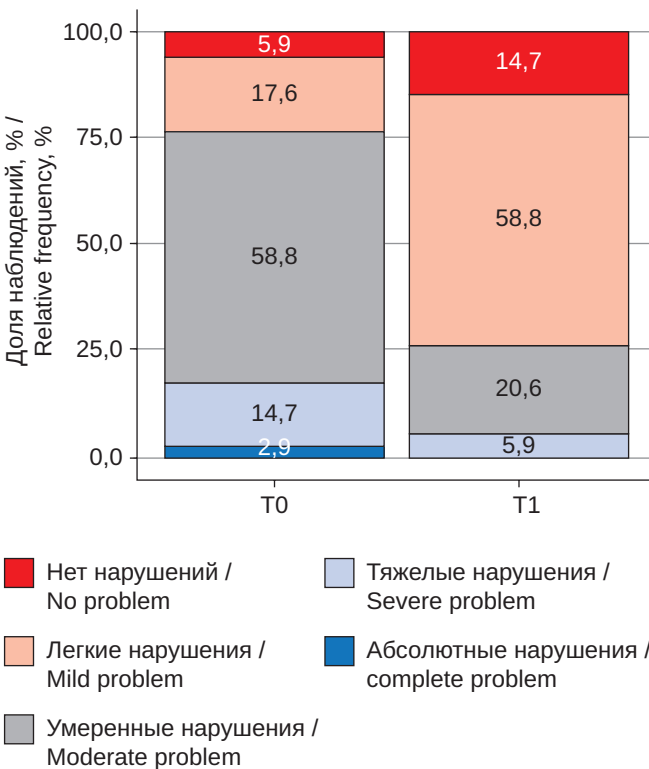


Рис. 4. Анализ динамики b770 — стереотип походки
Fig. 4. Analysis of b770 — Gait pattern

На основании данных фМРТ, зафиксированных в процессе выполнения двигательного задания парализованной конечностью, были сформированы две группы больных (по 17 человек в каждой): 1 группа — с высокой степенью активации первичной моторной коры (ПМК) пораженного полушария, 2 группа — с низкой степенью ее активации. Группы были сопоставимы по полу, возрасту и выраженности клинических проявле-

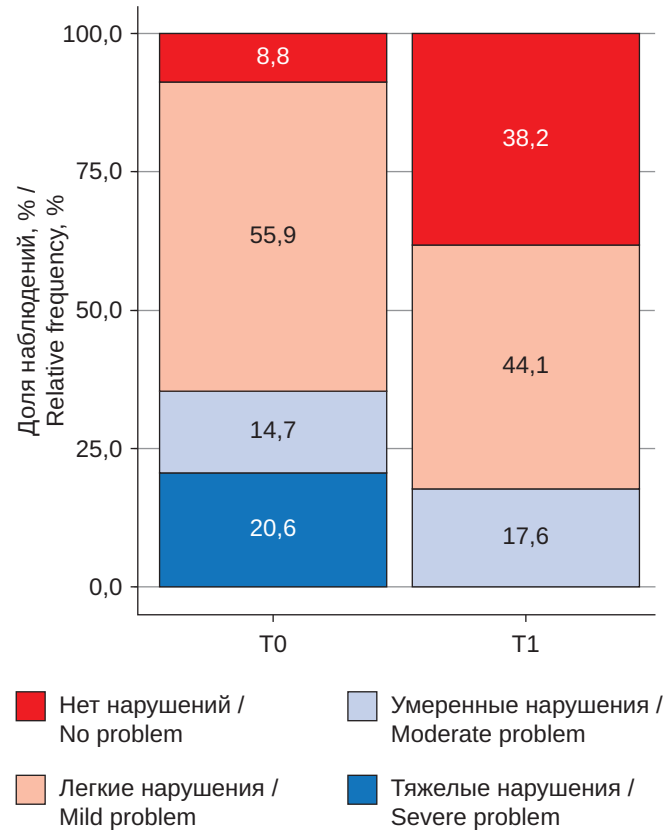


Рис. 5. Анализ динамики d598 — самообслуживание
Fig. 5. Analysis of d598 — Self-care

ний ИИ. Анализ активации различных участков головного мозга выявил следующие корреляции:

1. У пациентов с низкой степенью активации ПМК пораженного полушария при выполнении движений паретичной рукой был выявлен кластер активации в ипсилатеральном полушарии мозжечка. Дополнительно была выявлена более высокая активность во фронтальных областях при выполнении задания паретичной конечностью (рис. 6).
2. Локализация зон активации ПМК нижней конечности не изменилась, однако были выявлены дополнительные зоны активации фронтальных областей (рис. 7).
3. Анализ активации интактного полушария при выполнении движений здоровыми конечностями достоверных различий в локализации зон активации не показал (рис. 8).

Других статистически значимых различий между группами не выявлено (табл. 3).

Интегральный показатель силы верхней конечности (MRCS) в группе с низкой активацией вырос с 3,67 [2,78; 4,00] до 4,11 [3,22; 4,78] баллов ($p < 0,001$), в группе с высокой активацией — с 4 [3,33; 4,33] до 4,44 [4,00; 4,78] баллов ($p < 0,001$). Интегральный показатель MRCS нижней конечности в группе с низкой активацией вырос с 4 [3,00; 4,67] до 4,56 [3,56; 5,00] баллов ($p = 0,001$), в группе с высокой активацией — с 4 [3,67; 4,22] до 4,44 [4,00; 5,00] баллов ($p = 0,003$). Значимой динамики по шкале MAS отмечено не было ни в одной из групп. Достоверных различий в динамике восстановления у пациентов с высокой и низкой степенью активации не выявлено (табл. 3), тем не менее отмечалась тенденция к более высоким результатам в группе с высокой активацией пораженного полушария ($p = 0,056$).

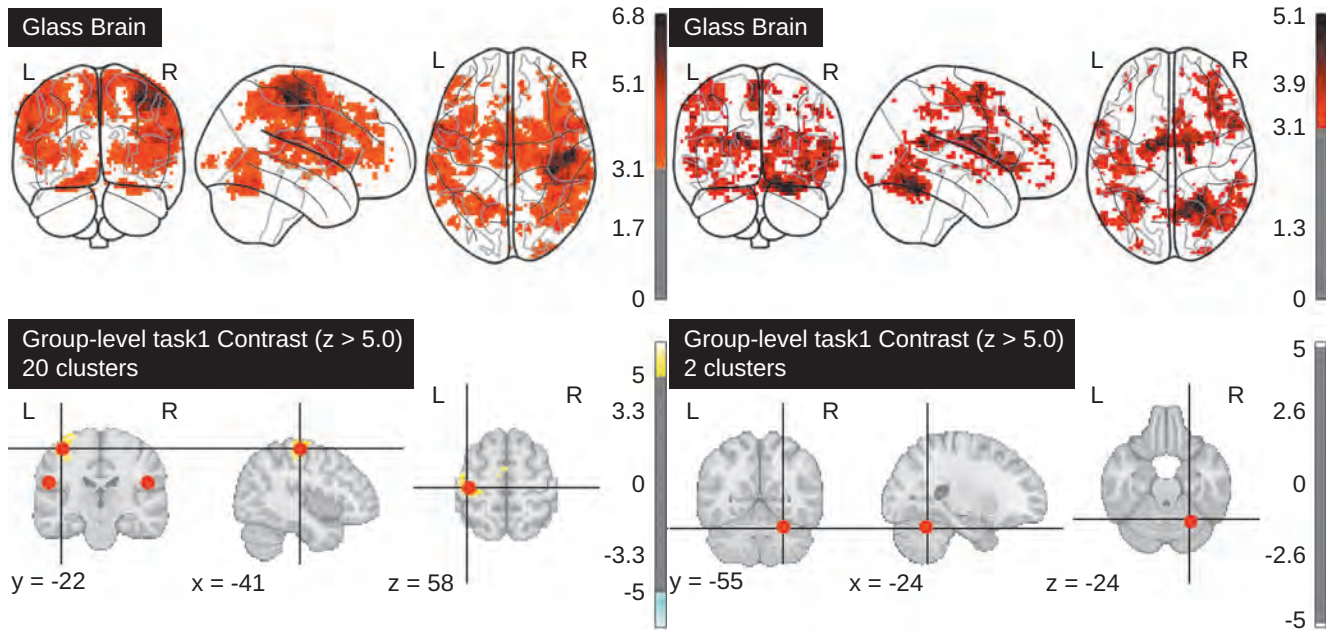


Рис. 6. Изменение активности различных областей мозга при выполнении движения паретичной верхней конечностью (слева — пациенты с высоким уровнем активации, справа — с низким)

Fig. 6. Changes in brain region activation during movement of the paretic upper limb (left — patients with high activation level, right — with low activation level)

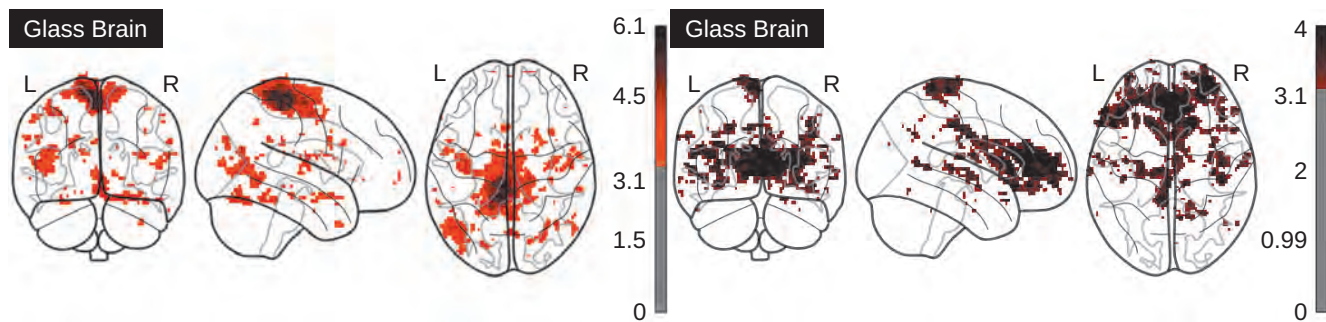


Рис. 7. Активация первичной моторной коры пораженного полушария, представительства нижней конечности (слева — пациенты с высоким уровнем активации, справа — с низким)

Fig. 7. Activation of the primary motor cortex in the affected hemisphere representing the lower limb (left — patients with high activation level, right — with low activation level)

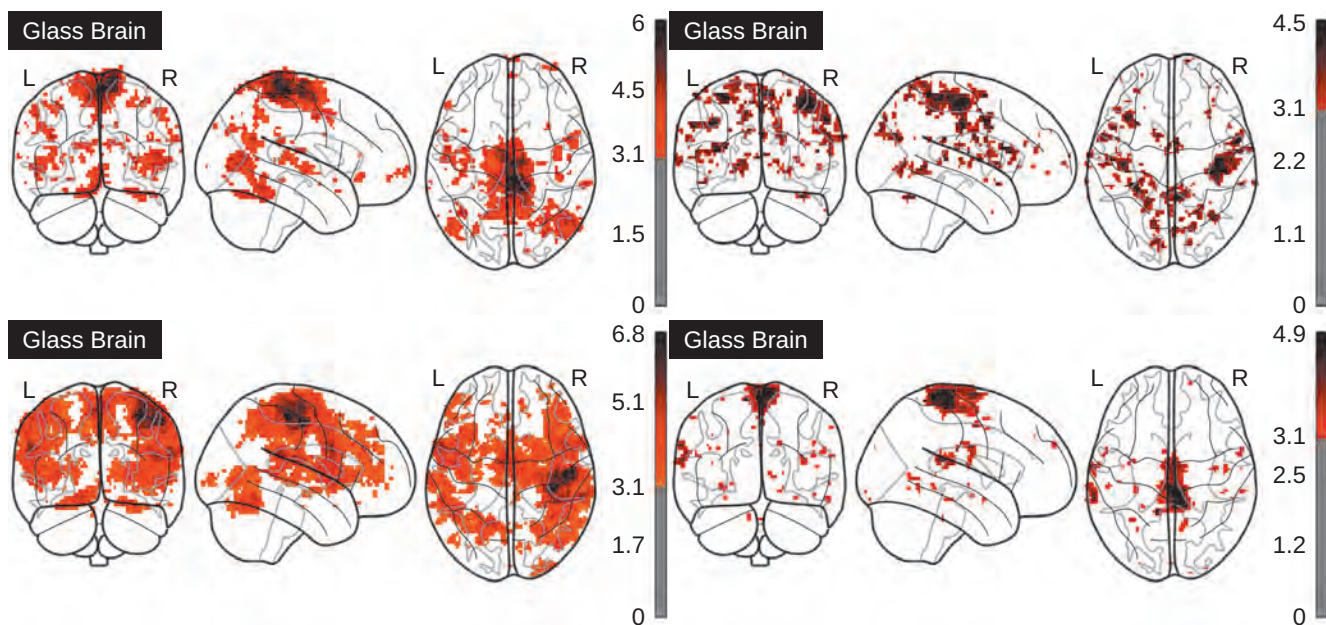


Рис. 8. Активация первичной моторной коры intactного полушария, представительства верхней (сверху) и нижней (снизу) конечности (слева — пациенты с высоким уровнем активации, справа — с низким)

Fig. 8. Activation of the primary motor cortex in the intact hemisphere representing the upper (top) and lower (bottom) limb (left — patients with high activation level, right — with low activation level)

Таблица 3. Динамика клинических показателей в группах пациентов с низкой и высокой активацией пораженного полушария

Table 3. Dynamics of clinical indicators in patient groups with low and high activation of the affected hemisphere

Группы пациентов / patient groups	Пациенты группы низкой активации / Patients of the low activation group (n = 17)			Пациенты группы высокой активации / Patients of the high activation group (n = 17)		
	Визиты / Visits		p	Визиты / Visits		p
	T0	T1		T0	T1	
Шкалы / Scales						
Шкала Тинетти, равновесие, балл / Tinetti scale, balance score	14 [9; 15]	15 [12; 16]	0,002	13 [12; 16]	15 [13; 16]	0,027
Шкала Тинетти, ходьба, балл / Tinetti scale, walking score	10 [7; 11]	11 [11; 12]	0,002	9 [9; 11]	11 [11; 12]	0,014
Шкала Тинетти, суммарный балл / Tinetti scale, total score	25 [16; 26]	26 [23; 28]	0,001	22 [21; 25]	26 [24; 28]	0,001
TUG-тест, сек / TUG, sec	10 [8; 20]	9 [8; 16]	0,003	12 [10; 15]	9 [8; 12]	0,001
NHPT, сек / NHPT, sec	45 [24; 66]	41 [18; 58]	0,001	58 [21; 118]	41 [19; 70]	0,001
BBT, баллы / BBT, score	26,65 ± 14,30	32,65 ± 15,60	0,001	28,47 ± 15,51	35,47 ± 16,23	0,001
BBS, баллы / BBS, score	51 [41; 53]	54 [48; 56]	0,001	47 [42; 51]	52 [48; 56]	0,001
RMI, балл / RMI, score	10 [8; 11]	12 [9; 14]	0,001	10 [8; 11]	12 [10; 14]	0,001
FMA-UE, балл / FMA-UE, score	45 [29; 47]	58 [44 62]	0,001	48 [37; 52]	61 [49; 63]	0,001

Анализ статистических данных выявил отличия в активности отдельных зон головного мозга при выполнении моторного задания. Увеличение активности в пораженном полушарии во время выполнения простого задания паретичной конечностью демонстрировало тенденцию к лучшему восстановлению функции, хотя и не достигало статистической значимости ($p = 0,056$), что подтверждается данными литературы [15, 16].

Значимой корреляции между степенью активации интактного полушария при выполнении задач здоровыми конечностями и динамикой восстановления обнаружено не было. Поскольку в исследование были включены пациенты в острый и ранний восстановительный периоды ИИ, возможно, у части пациентов еще не произошел процесс реорганизации нейронных сетей. Функциональные исходы в краткосрочной перспективе достоверно между группами не различались, даже у пациентов с явной межполушарной асимметрией. В то же время нами было выявлено, что у пациентов с низким уровнем активации ПМК представительства ВК верхней конечности формируется кластер активации в контралатеральном полушарии мозжечка, что, вероятно, является компенсаторным механизмом и указывает на активацию следующего звена исходных нейронных сетей. Эти данные также согласуются с данными литературы [22, 23].

При выполнении задачи у всех пациентов в той или иной степени происходила активация контралатерального поражения полушария, однако у пациентов с низкой степенью активации ПМК эта тенденция была менее выражена. Полученные нами данные согласуются с предыдущими исследованиями и показывают основные механизмы реорганизации функциональных сетей головного мозга.

Одновременно у значительной части пациентов, особенно в задачах на движение нижней конечности, происходила активация фронтальной коры, что может свидетельствовать о необходимости вовлечения дополнительных участков мозга в процесс ходьбы, во многом автоматизированный у здоровых лиц.

Ограничения исследования связаны с небольшим размером выборки (34 пациента) и кратким периодом наблюдения за пациентами, что необходимо учитывать при интерпретации полученных результатов. Небольшая выборка, безусловно, снижает статистическую мощность исследования. Кратковременность наблюдения не позволяет судить о долгосрочных эффектах реабилитации и не всегда отражает реальную динамику заболевания и активацию зон коры головного мозга.

С учетом обозначенных тенденций для определения роли task-based фМРТ в качестве прогностического маркера восстановления после ИИ требуются дополнительные исследования. Открытым также остается вопрос о сроках выполнения исследования для оптимальной оценки реабилитационного потенциала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозирование функциональных исходов при инсульте — сложная и важная задача, требующая комплексного подхода. Использование шкал и моделей прогнозирования может стандартизировать процесс оценки и помочь врачам в принятии клинических решений. Ранняя и интенсивная реабилитация играет важную роль в улучшении функциональных исходов и качества жизни пациентов, перенесших инсульт. Многообещающим инструментом для прогнозирования функциональных исходов при инсульте является фМРТ.

Определение количественных изменений фМРТ, имеющих тесную корреляцию с клиническими данными, позволит стратифицировать больных на группы по степени вероятного восстановления, разработать модели пациентов и алгоритмы их МР.

На основании результатов настоящего исследования нельзя с уверенностью утверждать, что фМРТ является надежным инструментом для прогнозирования функционального восстановления. Будущие исследования,

вероятно, повысят эффективность применения фМРТ в клинической практике, что в свою очередь приведет к более точным прогнозам и оптимизации реабилитационных стратегий для пациентов, перенесших инсульт. В дальнейшем планируется оценить динамику по шкалам под воздействием реабилитационных мероприятий в зависимости от инициальной активации коры головного мозга, а также оценить динамику активации в разные периоды после ИИ.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Погонченкова Ирэна Владимировна, доктор медицинских наук, доцент, директор, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы.

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

Костенко Елена Владимировна, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы; невролог, профессор кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0629-9659>

Кашежев Алим Гумарович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7483-1796>

Петрова Людмила Владимировна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, невролог, заведующий отделом медицинской реабилитации, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы.

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

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

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. — руководство проектом, проверка и редактирование рукописи, Костенко Е.В. — руководство проектом, методология, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Кашежев А.Г. — научное обоснование, верификация данных, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Петрова Л.В. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи.

Источники финансирования. Грант Правительства г. Москвы № 1503-7/23.

Конфликт интересов. Костенко Е.В. — член редакционной коллегии журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

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 им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы» (г. Москва, Россия) (Протокол № 2 от 19.04.2023).

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

ADDITIONAL INFORMATION

Irena V. Pogonchenkova, D.Sc. (Med.), Director, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

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

Elena V. Kostenko, D.Sc. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific Work, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department; Neurologist, Professor at the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Pirogov Russian National Research Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0629-9659>

Alim G. Kashezhev, Ph.D. (Med.), Senior Research Assistant, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7483-1796>

Liudmila V. Petrova, Ph.D. (Med.), Head of Department of Medical Rehabilitation, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

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

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

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: Pogonchenkova I.V. — project administration; writing — review & editing; Kostenko E.V. — project administration; methodology; writing — review & editing; Kashezhev A.G. — conceptualization; formal analysis; validation; writing — review & editing; Petrova L.V. — writing — original draft.

Funding. This study was performed in accordance with the Moscow Government Grant No. 1503-7/23.

Disclosure. Kostenko E.V. — Member of the Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal. Other 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 (Moscow, Russia) (Protocol No. 2 dated 19.04.2023).

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

Список литературы / References

1. World Stroke Organization. Global Stroke Fact Sheet 2022. Available at: <https://www.dropbox.com/scl/fi/tiqrhvs06s58yamxa053x/World-Stroke-Organization-WSO-Global-Stroke-Fact-Sheet-2022.pdf?rlkey=pbndaqvaadzpij099dwe6psx5&e=1&dl=0> (Accessed 14.04.2025).

2. GBD 2021 Stroke Risk Factor Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Neurol.* 2024; 23(10): 973–1003. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(24\)00369-7](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(24)00369-7)

3. Martin S.S., Aday A.W., Almarzooq Z.I., et al. American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee; Stroke Statistics Subcommittee. 2024 heart disease and stroke statistics: a report of US and global data from the American Heart Association. *Circulation.* 2024; 149: e347–913. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000001209>

4. Игнатьева В.И., Вознюк И.А., Шамалов Н.А. и др. Социально-экономическое бремя инсульта в Российской Федерации. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2023; 123(8–2): 5–15. <https://doi.org/10.17116/jnevro20231230825> [Ignatyeva V.I., Voznyuk I.A., Shamalov N.A., et al. Socio-economic burden of stroke in the Russian Federation. *Journal of Neurology and Psychiatry.* 2023; 123(8–2): 5–15. <https://doi.org/10.17116/jnevro20231230825> (In Russ.).]

5. Lu W.Z., Lin H.A., Bai C.H., Lin S.F. Posterior circulation acute stroke prognosis early CT scores in predicting functional outcomes: A meta-analysis. *PLoS One.* 2021; 16(2): e0246906. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246906>

6. Liu Y., Yu Y., Ouyang J., et al. Functional Outcome Prediction in Acute Ischemic Stroke Using a Fused Imaging and Clinical Deep Learning Model. *Stroke.* 2023; 54(9): 2316–2327. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.123.044072>

7. Gaviria E., Muñoz-Moreno E., Pérez-Delgado M.M., et al. Neuroimaging biomarkers for predicting stroke outcomes: a systematic review. *Health Sci Rep.* 2024; 7(7): e2221. <https://doi.org/10.1002/hsr2.2221>

8. Crofts A., Kelly M.E., Gibson C.L. Imaging functional recovery following ischemic stroke: clinical and preclinical fMRI studies. *J Neuroimaging.* 2020; 30(1): 5–14. <https://doi.org/10.1111/jon.12668>

9. Favre I., Zeffiro T.A., Detante O., et al. Upper limb recovery after stroke is associated with ipsilesional primary motor cortical activity: a meta-analysis. *Stroke.* 2014; 45(4): 1077–1083. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.113.003168>

10. Zhang Z. Resting-state functional abnormalities in ischemic stroke: a meta-analysis of fMRI studies. *Brain Imaging Behav.* 2024; 18(6): 1569–1581. <https://doi.org/10.1007/s11682-024-00919-1>

11. Chi N.F., Ku H.L., Chen D.Y., et al. Cerebral motor functional connectivity at the acute stage: an outcome predictor of ischemic stroke. *Sci Rep.* 2018; 8(1): 16803. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35192-y>

12. Puig J., Blasco G., Alberich-Bayarri A., et al. Resting-state functional connectivity MRI and outcome after acute stroke. *Stroke.* 2018; 49(10): 2353–2360. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.021319>

13. Du J., Yang F., Zhang Z., et al. Early functional MRI activation predicts motor outcome after ischemic stroke: a longitudinal, multimodal study. *Brain Imaging Behav.* 2018; 12(6): 1804–1813. <https://doi.org/10.1007/s11682-018-9851-y>

14. Nowak D.A., Grefkes C., Dafotakis M., et al. Effects of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the contralesional primary motor cortex on movement kinematics and neural activity in subcortical stroke. *Arch Neurol.* 2008; 65(6): 741–747. <https://doi.org/10.1001/archneur.65.6.741>

15. Rehme A.K., Eickhoff S.B., Rottschy C., et al. Activation likelihood estimation meta-analysis of motor-related neural activity after stroke. *Neuroimage.* 2012; 59(3): 2771–2782. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.10.023>

16. Tang Q., Li G., Liu T., et al. Modulation of interhemispheric activation balance in motor-related areas of stroke patients with motor recovery: systematic review and meta-analysis of fMRI studies. *Neurosci Biobehav Rev.* 2015; 57: 392–400. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.09.003>

17. Richards L.G., Stewart K.C., Woodbury M.L., et al. Movement-dependent stroke recovery: a systematic review and meta-analysis of TMS and fMRI evidence. *Neuropsychologia.* 2008; 46(1): 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.08.013>

18. Hannanu F.A., Zeffiro T.A., Lamalle L., et al. Parietal operculum and motor cortex activities predict motor recovery in moderate to severe stroke. *Neuroimage Clin.* 2017; 14: 518–529. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2017.01.023>

19. Grefkes C., Nowak D.A., Eickhoff S.B., et al. Cortical connectivity after subcortical stroke assessed with functional MRI and dynamic causal modeling. *Ann Neurol.* 2008; 63(2): 236–246. <https://doi.org/10.1002/ana.21228>

20. Zhao J., Zhang T., Xu J., et al. Functional MRI evaluation of brain function reorganization in cerebral stroke patients after constraint-induced movement therapy. *Neural Regen Res.* 2012; 7(15): 1158–1163. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-5374.2012.15.006>

21. Ghaleh R., Rahimibarghani S., Shirzad N., et al. The role of baseline functional MRI as a predictor of post-stroke rehabilitation efficacy in patients with moderate to severe upper extremity dysfunction. *J Behav Brain Sci.* 2022; 12(12): 658–669. <https://doi.org/10.4236/jbbs.2022.1212039>

22. Wilson S.M., Schneck S.M. Neuroplasticity in post-stroke aphasia: a systematic review and meta-analysis of functional imaging studies of reorganization of language processing. *Neurobiol Lang.* 2021; 2(1): 22–82. https://doi.org/10.1162/nol_a_00025

23. Zhang Z. Network abnormalities in ischemic stroke: a meta-analysis of resting-state functional connectivity. *Brain Topogr.* 2025; 38(2): 19. <https://doi.org/10.1007/s10548-024-01096-6>

24. Christidi F., Orgianelis I., Merkouris E., et al. A comprehensive review on the role of resting-state functional magnetic resonance imaging in predicting post-stroke motor and sensory outcomes. *Neurology International.* 2024; 16(1): 189–201. <https://doi.org/10.3390/neurolint16010012>

25. Rehme A.K., Eickhoff S.B., Wang L.E., et al. Dynamic causal modeling of cortical activity from the acute to the chronic stage after stroke. *Neuroimage.* 2011; 55(3): 1147–1158. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.01.014>

26. Grefkes C., Ward N.S. Cortical reorganization after stroke: how much and how functional? *Brain.* 2014; 137(10): 2639–2652. <https://doi.org/10.1177/1073858413491147>

27. Calautti C., Baron J.C. Functional neuroimaging studies of motor recovery after stroke in adults: a review. *Stroke.* 2003; 34(6): 1553–1566. <https://doi.org/10.1161/01.str.0000071761.36075.a6>

28. Cheng S., Xin R., Zhao Y., et al. Evaluation of fMRI activation in post-stroke patients with movement disorders after repetitive transcranial magnetic stimulation: a scoping review. *Front Neurol.* 2023; 14: 1192545. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1192545>
29. Gorgolewski K.J., Auer T., Calhoun V.D., et al. The brain imaging data structure, a format for organizing and describing outputs of neuroimaging experiments. *Sci Data.* 2016; 3: 160044. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.44>
30. BIDS Specification. Available at: <https://bids.neuroimaging.io> (Accessed 18.03.2025).
31. Esteban O., Markiewicz C.J., Blair R.W., et al. fMRIPrep: a robust preprocessing pipeline for functional MRI. *Nat Methods.* 2019; 16(1): 111–116. <https://doi.org/10.1038/s41592-018-0235-4>
32. Esteban O., Markiewicz C.J., Finc K., et al. Analysis of task-based functional MRI data preprocessed with fMRIPrep. *bioRxiv.* 2020; 15(7): 2186–2202. <https://doi.org/10.1038/s41596-020-0327-3>
33. fMRIPrep Documentation. Available at: <https://fmripred.org> (Accessed 18.03.2025).

Анализ результатов анкетного опроса врачей и клинических психологов по соматовегетативным симптомам стресса

 Кузюкова А.А. *,  Левченко Н.А.,  Марченкова Л.А.

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

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Высокая распространенность стрессовых состояний среди населения России приводит к развитию большого количества ассоциированных с ними психосоматических расстройств, обуславливающих частую обращаемость по поводу данных функциональных состояний в медицинские учреждения соматического профиля, наряду со сложностью своевременной их диагностики, что сохраняет актуальным поиск и разработку диагностических алгоритмов, направленных на их верификацию. В ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России проводится работа по созданию опросника «Комплексная оценка физиологических симптомов проявления стресса», в рамках которой проведено предварительное анкетирование специалистов.

ЦЕЛЬ. Сбор информации по соматовегетативным симптомам стресса у непосредственно оказывающих помощь пациентам работников медицинских учреждений высшего звена, с анализом полученных результатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. По предварительно разработанной анкете, включающей в себя 12 дисфункциональных блоков, относящихся к различным системам и функциям организма, проведено анкетирование 160 специалистов (врачей и медицинских психологов), которым предлагалось описать жалобы пациентов на расстройства различных органов, систем и/или функций, носящие функциональный, ассоциированный со стрессом характер, которые они наблюдали в своей практике. Для обработки результатов использовались методы описательной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Анализ результатов анкетирования позволил выделить 47 дисфункциональных симптомов со стороны различных органов и систем организма, которые в таком объеме еще не присутствовали ни в одной из существующих бланковых форм шкал и опросников для диагностики стресса. Они легли в основу разрабатываемого опросника, однако оказались неспецифичными: могли являться не только соматовегетативными проявлениями стрессовых состояний, но и быть причиной других заболеваний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведенное анкетирование позволило выделить широкий спектр психовегетативных симптомов. В виду их неспецифичности, при разработке нового опросника необходимо добавление дополнительных уточняющих характеристик, позволяющих точно определять их ассоциированный со стрессом характер. Современные цифровые технологии позволяют создавать алгоритмы, включающие большой объем уточняющих данных и при этом при проведении диагностики выбирать только необходимую для конкретного случая информацию, экономя время. Ожидается, что создание нового опросника в современном цифровом формате даст возможность оптимизировать диагностику психосоматической патологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стресс, диагностика стресса, соматоформные расстройства, психосоматические расстройства, соматовегетативная дисфункция, анкетирование по симптомам стресса

Для цитирования / For citation: Кузюкова А.А., Левченко Н.А., Марченкова Л.А. Анализ результатов анкетного опроса врачей и клинических психологов по соматовегетативным симптомам стресса. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):77–93. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-77-93> [Kuzuyukova A.A., Levchenko N.A., Marchenkova L.A. Analysis of the results of a questionnaire survey of doctors and clinical psychologists on somatovegetative symptoms of stress Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):77–93. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-77-93> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Кузюкова Анна Александровна, E-mail: kuzuyukovaaa@nmicrk.ru, anna_kuzuyukova@mail.ru

Статья получена: 28.03.2025

Статья принята к печати: 14.04.2025

Статья опубликована: 16.06.2025

Analysis of the Results of a Questionnaire Survey of Doctors and Clinical Psychologists on Somatovegetative Symptoms of Stress

 Anna A. Kuzyukova*,  Natalia A. Levchenko,  Larisa A. Marchenkova

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

ABSTRACT

INTRODUCTION. The high prevalence of stress conditions among the Russian population contributes to the development of a large number of psychosomatic disorders associated with them, which cause frequent referral of these functional conditions to somatic medical institutions, along with the difficulty of timely diagnosis, which keeps the search and development of diagnostic algorithms aimed at their verification relevant. The National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology is working on the creation of a questionnaire "Comprehensive assessment of the physiological symptoms of stress", in which a preliminary survey of specialists was conducted.

AIM. Collecting information on somatovegetative symptoms of stress from senior medical staff directly caring for patients.

MATERIALS AND METHODS. According to a pre-developed questionnaire, which includes 12 dysfunctional blocks related to various systems and functions of the body, 160 doctors and medical psychologists were interviewed, who were asked to describe patients' complaints of disorders of various organs, systems and/or functions, having a functional, stress-related character, which they observed in their practice. Descriptive statistics methods were used to process the results.

RESULTS AND DISCUSSION. The analysis of the survey results allowed us to identify 47 dysfunctional symptoms from various organs and body systems that were not yet present in any of the existing blank forms of scales and questionnaires for stress diagnosis. They formed the basis of the questionnaire being developed, but turned out to be non-specific: they could not only be somatovegetative manifestations of stress conditions, but also be the cause of other diseases.

CONCLUSION. The survey made it possible to identify a wide range of psychovegetative symptoms. Due to their non-specificity, when developing a new questionnaire, it is necessary to add additional clarifying characteristics that make it possible to accurately determine their stress-related nature. Modern digital technologies make it possible to create algorithms that include a large amount of clarifying data, and, at the same time, select only the information necessary for a particular case during diagnostics, saving time. It is expected that the creation of a new questionnaire in a modern digital format will make it possible to optimize the diagnosis of psychosomatic pathology.

KEYWORDS: stress, stress diagnosis, somatoform disorders, psychosomatic disorders, somatovegetative dysfunction, questionnaire on stress symptoms

For citation: Kuzyukova A.A., Levchenko N.A., Marchenkova L.A. Analysis of the results of a questionnaire survey of doctors and clinical psychologists on somatovegetative symptoms of stress Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):77–93. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-77-93> (In Russ.).

* **For correspondence:** Anna A. Kuzyukova, E-mail: kuzyukovaaa@nmicrk.ru, anna_kuzyukova@mail.ru

Received: 28.03.2025

Accepted: 14.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Актуальные эпидемиологические исследования свидетельствуют о высокой распространенности стрессовых состояний среди населения России. Так, проведенное в 2020–2022 гг. исследование ЭСCE-РФЗ, в котором было обследовано 28 731 мужчин и женщин 35–74 лет из 15 регионов Российской Федерации, показало, что каждый пятый (20,3 %) испытывает высокий уровень психоэмоционального стресса [1]. Эти данные совпадают с приводимыми 15 апреля 2024 г. Всероссийским центром изучения общественного мнения результатами мониторингового опроса на тему стресса, согласно которым в наши дни каждый пятый взрослый россиянин испытывает стресс регулярно (постоянно и часто) [2].

Пребывание в длительном стрессовом напряжении вызывает целый ряд соматических и поведенческих нарушений, усугубляет течение хронических заболеваний, приводит к профессиональному выгоранию, развитию тревожных и депрессивных расстройств [3–6]. Также пребывание в стрессе формирует дисфункцию

вегетативной нервной системы (ВНС) со снижением ее способности контролировать стресс, в результате чего происходит непредсказуемое усиление ответа на стрессоры, снижается контроль нейроэндокринной реакции, нарушается адаптация, развивается стресс-индуцированная патология [6]. Возникающие под влиянием эмоционального стресса, социальных и психологических проблем психосоматические симптомы включают в себя различные жалобы, отражающие, с одной стороны, функциональные нарушения систем и органов, с другой — эмоциональные расстройства [7]. В современных публикациях приводятся следующие данные о распространенности психосоматических расстройств: от 15 до 50 % — в общей популяции, от 21 до 50 % — в учреждениях амбулаторной и первичной медико-санитарной помощи, от 28 до 53 % — в стационарных учреждениях соматического профиля [7–10]. Авторами подчеркивается, что соматизация представляет собой серьезную проблему с позиций диагностики, классификации заболеваний и терапевтических вмешательств [7, 8, 11, 12]. Трудности диагностики сомато-

вегетативных дисфункций влияют на качество оказания квалифицированной медицинской помощи пациентам, у которых при наличии соответствующих жалоб не выявляется никакой патологии систем и органов, и часто приводят к назначению необоснованного и дорогостоящего обследования и лечения, в том числе и инвазивных вмешательств [7–10, 13].

Проведенный нами анализ применяющихся в медицине актуальных шкал и опросников для диагностики стрессовых состояний показал, что в настоящее время используются бланковые формы, разработанные во второй половине XX в. Как правило, современными исследователями предпочтение отдается кратким версиям опросников; соматовегетативные проявления стресса в них, в виду ограниченности их объема, либо не рассматриваются вообще, либо представлены лишь описаниями отдельных симптомов без рассмотрения всего возможного спектра [14].

Высокая распространенность соматовегетативных расстройств стрессовой этиологии, частая обращаемость по поводу них пациентов к врачам-интернистам и сохраняющиеся сложности их верификации в медицинских учреждениях не психиатрического профиля, а также развитие цифровых технологий, позволяющих создавать новые диагностические алгоритмы с использованием большого объема данных, недоступных для существующих в настоящее время бланковых шкал и опросников, делают актуальным разработку простых, эффективных, не затратных по времени и себестоимости методов выявления ассоциированных со стрессом психосоматических расстройств.

В рамках реализуемой в нашем центре в 2024–2026 гг. НИР научно-исследовательской работы «Разработка программного обеспечения для диагностики стрессовой напряженности как основы для применения персонифицированной медико-психологической реабилитации», включающей в себя создание опросника «Комплексная оценка физиологических симптомов проявления стресса» как основы разрабатываемого программного обеспечения, нами проведено анкетирование врачей и клинических психологов по соматовегетативным симптомам стресса.

Таблица 1. Распределение респондентов по специальностям с учетом их гендерной принадлежности
Table 1. Distribution of respondents by specialty, taking into account their gender

№	Специальность / Speciality	Общее количество участников (n) / Total number of participants (n)	Процент от общей выборки / Percent of total sample	Мужчины / men		Женщины / women	
				n	Процент от общего количества мужчин в выборке / Percent of the total number of men in the sample	n	Процент от общего количества женщин в выборке / Percent of the total number of women in the sample
1	Клинический психолог / Clinical (medical) psychologist	27	16,9	2	6,1	25	19,7
2	Невролог / Neurologist	21	13,2	2	6,1	19	15,0
3	Терапевт/врач общей практики / Therapist/general practitioner	16	10,0	1	3,0	15	11,8

ЦЕЛЬ

Сбор информации по соматовегетативным симптомам стресса у непосредственно оказывающих помощь пациентам работников медицинских учреждений высшего звена, с анализом полученных результатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось в 2024 г. среди непосредственно оказывающих помощь пациентам врачей и психологов медицинских учреждений, изъявивших желание пройти анкетирование по соматовегетативным проявлениям стресса и давших добровольное информированное согласие на обработку персональных данных (специальность, возраст и пол). Предварительно нами в цифровом формате была разработана анкета, включающая в себя 12 дисфункциональных блоков: дисфункция сердечно-сосудистой системы, дисфункция дыхательной системы, дисфункция пищеварительной системы, дисфункция нервно-мышечной системы, когнитивные нарушения, дисфункция мочеполовой системы, дисфункция вегетативной нервной системы, кожные проявления, парафункция жевательных мышц, дисфункция ЛОР-органов, иммунные нарушения и иное (последний блок подразумевал другие соматовегетативные симптомы дистресса, которые не подходили для описания в предыдущих блоках). Респондентам предлагалось выбрать один или несколько подходящих блоков и в свободной форме описать жалобы на расстройства различных органов, систем и/или функций организма, носящие функциональный, ассоциированный со стрессом характер, которые они наблюдали у пациентов.

Статистический анализ проводился при помощи описательных методов обработки данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В анкетировании приняло участие 160 специалистов из Московской, Брянской, Калужской, Смоленской, Орловской и Тульской областей. Возраст участников варьировал от 29 до 72 лет, средний возраст составил 52 года. Распределение респондентов по специальностям с учетом их гендерной принадлежности представлено в таблице 1.

№	Специальность / Speciality	Общее количество участников (n) / Total number of participants (n)	Процент от общей выборки / Percent of total sample	Мужчины / men		Женщины / women	
				n	Процент от общего количества мужчин в выборке / Percent of the total number of men in the sample	n	Процент от общего количества женщин в выборке / Percent of the total number of women in the sample
4	Психиатр/психотерапевт / Psychiatrist/psychotherapist	12	7,6	6	18,2	6	4,7
5	Кардиолог / Cardiologist	12	7,5	2	6,1	10	7,9
6	Гинеколог / Gynecologist	9	5,6	1	3,0	8	6,3
7	Врач физической и реабилитационной медицины / Doctor of Physical and Rehabilitation Medicine	8	5,1	4	12,1	4	3,1
8	Хирург/онколог/травматолог / Surgeon/oncologist/traumatologist	8	5,1	4	12,1	4	3,1
9	Оториноларинголог / Otorhinolaryngologist	8	5,1	1	3,0	7	5,5
10	Эндокринолог / Endocrinologist	7	4,4	1	3,0	6	4,7
11	Стоматолог / Dentist	6	3,8	1	3,0	5	3,9
12	Анестезиолог-реаниматолог / Anesthesiologist-resuscitation	5	3,2	2	6,1	3	2,4
13	Гастроэнтеролог / Gastroenterologist	4	2,5	1	3,0	3	2,4
14	Врач ЛФК / Exercise therapy doctor	3	1,9	1	3,0	2	1,6
15	Дерматолог / Dermatologist	3	1,9	0	0,0	3	2,4
16	Уролог / Urologist	2	1,3	2	6,1	0	0,0
17	Ревматолог / Rheumatologist	2	1,3	1	3,0	1	0,8
18	Гематолог / Hematologist	2	1,3	0	0,0	2	1,6
19	Врач-инфекционист / Infectious disease doctor	2	1,3	0	0,0	2	1,6
20	Физиотерапевт / Physiotherapist	2	1,3	0	0,0	2	1,6
21	Офтальмолог / Ophthalmologist	1	0,6	1	3,0	0	0,0
Всего / Total		160	100	33	100	127	100

Среди респондентов преобладали клинические психологи. Также в выборке большой удельный вес занимали неврологи и терапевты/врачи общей практики. В чуть меньшем количестве были представлены кардиологи, психиатры/психотерапевты и гинекологи, врачи по физической и реабилитационной медицине, хирурги, эндокринологи и стоматологи. По гендерному критерию преобладали женщины, мужчины составили лишь одну пятую часть от всей выборки.

Частота выборов респондентами определенных дисфункциональных блоков представлена в таблице 2. Чаще всего выбирались блоки, относящиеся к дис-

функции сердечно-сосудистой системы, когнитивным нарушениям, дисфункции нервно-мышечной, пищеварительной, вегетативной и дыхательной систем, что вполне соотносится с общеизвестными данными о клинических проявлениях стресса. Другие блоки (дисфункция мочеполовой и иммунной систем, ЛОР-органов, кожные проявления, парафункция жевательных мышц) выбирались реже, но также, как и вышеописанные и более часто упоминаемые, специалистами различного профиля.

Предложенные респондентами описания соматовегетативных симптомов стресса внутри каждого блока

Таблица 2. Частота выборов респондентами определенных дисфункциональных блоков
Table 2. Frequency of respondents' selection of certain dysfunctional blocks

№	Блоки / Blocks	Количество врачей, выбравших систему / Number of doctors who chose the system (n = 160)	
		n	%
1	Дисфункция сердечно-сосудистой системы / Dysfunction of the cardiovascular system	58	36,25
2	Когнитивные нарушения / Cognitive impairment	52	32,5
3	Дисфункция нервной и мышечной систем / Dysfunction of the nervous and muscular systems	48	30,0
4	Дисфункция пищеварительной системы / Dysfunction of the digestive system	47	29,4
5	Дисфункция вегетативной нервной системы / Dysfunction of the autonomic nervous system	37	23,1
6	Дисфункция дыхательной системы / Dysfunction of the respiratory system	33	20,6
7	Дисфункция мочеполовой системы / Genitourinary tract dysfunction	31	19,4
8	Кожные проявления / Skin manifestations	27	16,9
9	Дисфункция иммунной системы / Immune system dysfunction	18	11,25
10	Парафункция жевательных мышц / Parafunction of the masticatory muscles	15	9,3
11	Иное / Other	14	8,7
12	Дисфункция ЛОР-органов / Dysfunction of ENT organs	12	7,5

были сгруппированы между собой. Помимо особенностей самих симптомов учитывалась частота их упоминания. Расстройства, которые упоминались меньше чем у 5 % респондентов, и симптомы аффективных расстройств (тревога, депрессия, чувство страха, эмоциональная лабильность, перепады настроения и др.) были исключены из анализа.

Наиболее частыми соматовегетативными симптомами стресса со стороны сердечно-сосудистой системы были: тахикардия, различные неприятные ощущения в груди в области сердца (боли в грудной клетке и за грудиной, в области сердца (колющие, ноющие, жгущие,

щежит за грудиной, тяжесть в груди, ком в груди/тяжесть в сердце)), лабильность и повышение артериального давления (АД), перебои в сердце и сердцебиение (табл. 3). Одновременно с нарушением сердечно-сосудистой системы респондентами нередко упоминались дисфункции со стороны дыхательной системы (чувство нехватки воздуха, одышка, невозможность сделать вдох, удушье), нервной системы (головная боль, головокружение) и ВНС (потливость), что можно объяснить системным воздействием стресса на организм и нередким сочетанием указанных симптомов при развитии стрессового состояния.

Таблица 3. Симптомы дисфункции сердечно-сосудистой системы стрессового характера и частота их упоминания
Table 3. Symptoms aof stress-related dysfunction of the cardiovascular system and the frequency of their mention

№	Симптомы дисфункции сердечно-сосудистой системы стрессового характера / Symptoms of stress-related dysfunction of the cardiovascular system	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Учащенное сердцебиение, тахикардия / Rapid heartbeat, tachycardia	28	48,3
2	Неприятные ощущения в груди, в области сердца / Unpleasant sensations in the chest, in the heart area	25	43%

КУЗЮКОВА А.А. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

№	Симптомы дисфункции сердечно-сосудистой системы стрессового характера / Symptoms of stress-related dysfunction of the cardiovascular system	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
3	Лабильность АД, повышение АД / Blood pressure lability, increased blood pressure	20	34%
4	Перебои в сердце / Heart palpitations	13	22,1
5	Сердцебиение / Heartbeat	12	20,4
6	Чувство нехватки воздуха, одышка / Feeling short of breath, shortness of breath	9	15,5
7	Невозможность сделать вдох, удушье / Inability to take a breath, suffocation	8	13,8
8	Головная боль, в том числе в затылке, и боль в области шеи / Headache, including in the back of the head, and ache in neck area	5	8,6
9	Головокружение / Dizziness	5	8,6
10	Потливость / Perspiration	3	5,2
11	Онемение и похолодание конечностей / Numbness and coldness of the limbs	2	3,4
12	Слабость / Weakness	2	3,4
13	Предобморочное состояние / Prefainting state	1	1,7
14	Холодные кисти, стопы / Cold hands, feet	1	1,7
15	Пульсация в верхней половине тела / Pulsation in the upper half of the body	1	1,7
16	Ком в горле / Lump in the throat	1	1,7
17	Тошнота / Nausea	1	1,7
18	Бледность/гиперемия кожи / Paleness/hyperemia of the skin	1	1,7
19	Сердечно-сосудистые заболевания / Cardiovascular diseases	1	1,7
20	Пульсация в голове/шее/кончиках пальцев / Pulsation in head/neck/fingertips	1	1,7
21	Межреберная боль / Intercostal pain	1	1,7
22	«Мушки» перед глазами / «Flies» before the eyes	1	1,7
23	Повышение аппетита / Increased appetite	1	1,7
24	Тяжесть в ногах / Heaviness in the legs	1	1,7

Примечание: приведен анализ результатов ответов 58 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены признаки, расцененные как незначимые в виду малой частоты встречаемости.
Note: an analysis of the results of responses from 58 doctors who filled out this section is provided; the features assessed as insignificant due to their low frequency of occurrence are highlighted in dark color.

Среди когнитивных нарушений стрессового характера большинством респондентов отмечались снижение концентрации внимания (рассеянность, сложность сосредоточения на задаче, трудности восприятия новой информации, мозговой туман, сложности с соображением, «делаю неправильные выводы, совершаю ошибки») и нарушения памяти (табл. 4). Реже упоминались симптомы, развивающиеся в результате воздействия на организм различных истощающих стрессовых факторов: повышенная утомляемость, истощаемость (снижение работоспособности, в том числе умственной, быстрая утомляемость/астенический синдром, усталость),

Таблица 4. Симптомы когнитивных нарушений стрессового характера и частота их упоминания опрошенными специалистами
Table 4. Symptoms of stress-related cognitive impairment and the frequency of their mention by the surveyed specialists

№	Симптомы когнитивных нарушений стрессового характера / Symptoms of stress-related cognitive impairment	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Снижение внимания/ухудшение концентрации / Decreased attention/poor concentration	38	73,0
2	Снижение/нарушение памяти / Reduced/impaired memory	31	59,6
3	Повышенная утомляемость, истощаемость / Increased fatigue, exhaustion	16	30,8
4	Нарушения сна / Sleep disorders	10	19,2
5	Раздражительность / Irritability	6	11,5
6	Тревожные руминации / Anxious ruminations	5	9,6
7	Ухудшение речи / Speech impairment	3	5,8
8	Снижение мотивационной сферы / Decrease in the motivational sphere	2	3,8
9	Снижение критики к своему состоянию / Reducing criticism of one's own condition	2	3,8
10	Тахикардия из-за невозможности говорить / Tachycardia due to inability to speak	1	1,9
11	Делирий (бред) / Delirium	1	1,9
12	Дезориентация / Disorientation	1	1,9
13	Болезненность в области шейного отдела позвоночника / Soreness in the cervical spine	1	1,9
14	Головная боль / Headache	1	1,9
15	Ком в горле / Lump in the throat	1	1,9
16	Боли в животе / Stomach ache	1	1,9
17	Затрудненное дыхание / Difficulty breathing	1	1,9
18	Головокружение / Dizziness	1	1,9

Примечание: приведен анализ результатов ответов 52 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены признаки, расцененные как незначимые в виду малой частоты встречаемости.
Note: an analysis of the results of responses from 52 doctors who filled out this section is provided; the signs that were assessed as insignificant due to their low frequency of occurrence are highlighted in dark color.

нарушение сна (невозможность уснуть, прерывистый сон, сонливость, бессонница) и раздражительность (от громких звуков). Значительно реже описывались состояния, относящиеся к тревожным руминациям (постоянный поток мыслей в голове тревожного характера/навязчивые мысли/тревожные мысли) и ухудшению речи (заикание, снижение звучания голоса/невозможность изложить мысль).

Среди наиболее частых дисфункций нервной и мышечной систем, возникающих под воздействием стресса, указывались головные боли (чаще всего давящего, сжимающего характера, по типу обруча или каски), мышечное напряжение и боль в мышцах, боль

в спине, (преимущественно в шейно-плечевом и поясничных отделах) (табл. 5). Нередко упоминались различные сенсорные расстройства (парестезии — мурашки, покалывание, жжение, покалывание в конечностях, зябкость в конечностях, ощущение онемения, нарушение кожной чувствительности), дрожь и тремор (в теле и конечностях). Меньший удельный вес занимали головокружения, утомляемость (быстрая утомляемость, синдром хронической усталости) и боли без указания конкретной локализации. Отдельно отмечалось нарушение чувствительности лицевой области, напряжение лицевых мышц и гипертонус жевательных мышц.

ANNA A. KUZUYKOVA ET AL. | ORIGINAL ARTICLE

Таблица 5. Симптомы дисфункции нервной и мышечной систем стрессового характера и частота их упоминания опрошенными специалистами
Table 5. Symptoms of dysfunction of the nervous and muscular systems of a stressful nature and the frequency of their mention by the surveyed specialists

№	Симптомы дисфункции нервной и мышечной систем стрессового характера / Symptoms of dysfunction of the nervous and muscular systems of a stressful nature	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Головная боль / Headache	15	31,25
2	Мышечное напряжение, боль в мышцах / Muscle tension, muscle pain	15	31,25
3	Боль в спине / Back pain	15	31,25
4	Сенсорные расстройства / Sensory disorders	13	26,9
5	Дрожь, тремор / Trembling, tremor	8	16,7
6	Головокружение / Dizziness	5	10,4
7	Повышенная утомляемость / Increased fatigue	5	10,4
8	Боли / Pains	5	10,4
9	Нарушение чувствительности лицевой области и гипертонус жевательных мышц / Impaired sensitivity of the facial area and hypertonicity of the masticatory muscles	3	6,3
10	Ограничение двигательной активности, скованность / Limitation of physical activity, stiffness	2	4,1
11	Снижение мышечного тонуса / Decreased muscle tone	2	4
12	Шаткость при ходьбе / Unsteadiness when walking	1	2
14	Частые падения / Frequent falls	1	2
15	Чувство дискомфорта за грудиной / Feeling of discomfort behind the breastbone	1	2
16	Межреберная невралгия / Intercostal neuralgia	1	2
17	Утрата навыков самообслуживания / Loss of self-care skills	1	2
18	Боли в ногах / Pain in the legs	1	2
19	Грыжи, протрузии / Hernias, protrusions	1	2

Примечание: приведен анализ результатов ответов 48 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены клинически незначимые признаки.
Note: this is an analysis of the responses of 48 physicians who completed this section; clinically insignificant signs are highlighted in dark color.

Наиболее частыми дисфункциями со стороны пищеварительной системы, возникающими под влиянием стресса, были различные нарушения стула (диарея/запор, неустойчивость стула, резкие позывы на дефекацию) и боли в области живота (спазмы, ощущение щемления в подложечной области, жжение в эпигастрии) (табл. 6). В меньшем количестве отмечены такие расстройства, как нарушение аппетита (отсутствие аппетита/повышенный аппетит, заедание стрессов, механистическое потребление пищи, без удовольствия, частое забывание поесть, нерегулярный прием пищи), тошнота, метеоризм и урчание

в животе (вздутие живота, тяжесть, распирание, метеоризм, бурление в кишечнике), расстройства, сопровождающиеся повышением кислотности желудочного сока (кислый рефлюкс, гастроэзофагеальный рефлюкс, изжога, гастрит).
Из дисфункциональных расстройств со стороны дыхательной системы, развивающихся под действием стресса, описывались различные варианты нарушения дыхания: ощущение нехватки воздуха, одышка, затруднение дыхания, удушье, учащенное дыхание, изменение глубины дыхания, замедление дыхания и поверхностное дыхание, кашель (табл. 7).

Таблица 6. Симптомы дисфункции пищеварительной системы стрессового характера и частота их упоминания опрошенными специалистами

Table 6. Symptoms of stress-related gastrointestinal dysfunction and the frequency of their mention by the surveyed specialists

№	Симптомы дисфункции пищеварительной системы стрессового характера / Symptoms of stress-related gastrointestinal dysfunction	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Расстройства стула / Stool disorders	43	89,3
2	Боли в области живота / Abdominal pain	34	72,3
3	Нарушение аппетита / Appetite disturbance	15	31,9
4	Тошнота / Nausea	12	25,5
5	Метеоризм и бурление в животе / Flatulence and stomach churning	10	21,2
6	Повышенная кислотность желудочного сока / Increased acidity of gastric juice	8	17,0
7	Нарушение пищеварения / Digestive disorders	2	4,2
8	Ком в горле/пищевод / Lump in throat/esophagus	1	2,1
9	Отрыжка / Belching	1	2,1
10	Горечь во рту / Bitterness in the mouth	1	2,1
11	Десквамативный глоссит/поражение слизистой языка / Desquamative glossitis/lesion of the mucous membrane of the tongue	1	2,1

Примечание: приведен анализ результатов ответов 47 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены признаки, расцененные как незначимые в виду малой частоты встречаемости.

Note: An analysis of the results of responses from 47 doctors who filled out this section is provided; the features assessed as insignificant due to their low frequency of occurrence are highlighted in dark color.

Таблица 7. Симптомы дисфункции органов дыхания стрессового характера и частота их упоминания опрошенными специалистами

Table 7. Symptoms of stress-related respiratory dysfunction and the frequency of their mention by the surveyed specialists

№	Симптомы дисфункции органов дыхания стрессового характера / Symptoms of stress-related respiratory dysfunction	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Ощущение нехватки воздуха, одышка / Feeling of lack of air, shortness of breath	23	69,7
2	Затруднение вдоха, удушье / Difficulty breathing, suffocation	16	48,5
3	Увеличение частоты и глубины дыхания / Increase in the frequency and depth of breathing	10	30,3
4	Поверхностное дыхание / Shallow breathing	5	15,1
5	Задержка/замирание дыхания / Holding/freezing of breath	5	15,1
6	Покашливание/навязчивый кашель / Coughing/obsessive cough	3	9,09
7	Остановка дыхательных движений (апноэ) / Stopping breathing movements (apnea)	1	3,03
8	Ощущение тяжести в грудной клетке / Feeling of heaviness in the chest	1	3,03
9	Астма / Asthma	1	3,03
10	Ком в горле / Lump in the throat	1	3,03

Примечание: приведен анализ результатов ответов 33 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены признаки, расцененные как незначимые в виду малой частоты встречаемости.

Note: an analysis of the results of responses from 33 doctors who filled out this section is provided; the features assessed as insignificant due to their low frequency of occurrence are highlighted in dark color.

Среди ВНС чаще всего указывалась потливость и те или иные нарушения сердечной деятельности (ощущение сердцебиения, нарушение ритма сердца, тахикардия) (табл. 8). Достаточно часто упоминалось головокружение, реже — нарушение терморегуляции (ощущение холода/озноб, ощущение жары), похолодание

конечностей, обмороки/потеря сознания. Описывались расстройства, которые часто упоминались и в других блоках: нарушение дыхания, нарушения сна, усиление перистальтики кишечника (понос, частые позывы в туалет, гиперперистальтика), головная боль, повышенная утомляемость, тошнота, тремор, повышение АД.

Таблица 8. Симптомы дисфункции вегетативной нервной системы стрессового характера и частота их упоминания опрошенными специалистами

Table 8. Symptoms of stress-related dysfunction of the autonomic nervous system and the frequency of their mention by the surveyed specialists

№	Симптомы дисфункции ВНС стрессового характера / Symptoms of stress-related dysfunction of the autonomic nervous system	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Потливость / Perspiration	19	51,3
2	Нарушения сердечной деятельности / Cardiac disorders	17	45,9
3	Головокружение / Dizziness	7	18,9
4	Нарушение дыхания, одышка / Breathing disorders, shortness of breath	5	13,5
5	Нарушение сна / Sleep disturbance	4	10,8
6	Усиление моторики кишечника / Increased intestinal motility	4	10,8
7	Головная боль / Headache	4	10,8
8	Повышенная утомляемость / Increased fatigue	4	10,8
9	Нарушение терморегуляции / Violation of thermoregulation	4	10,8
10	Тошнота / Nausea	3	8,1
11	Похолодание кистей и стоп / Coldness of the hands and feet	3	8,1
12	Тремор / Tremor	2	5,4
13	Гиперемия кожных покровов / Hyperemia of the skin	2	5,4
14	Повышение/колебание АД / Increase/fluctuation of blood pressure	2	5,4
15	Обмороки, потеря сознания / Fainting, loss of consciousness	2	5,4
16	Неприятные меняющиеся ощущения в теле / Unpleasant changing sensations in the body	1	2,7
17	Повышение температуры без объективных причин / Increased temperature without objective reasons	1	2,7
18	Бледность кожных покровов / Paleness of the skin	1	2,7
19	Стойкий красный дермографизм / Persistent red dermographism	1	2,7
20	Гипосаливация / Hyposalivation	1	2,7
21	Гипотонус мышц / Hypotonicity of muscles	1	2,7
22	Дискомфорт в области шеи / Discomfort in the neck area	1	2,7
23	Тяжесть в грудной клетке / Heaviness in the chest	1	2,7
24	Боли в животе / Stomach ache	1	2,7
25	Ком в горле / Lump in the throat	1	2,7

Примечание: приведен анализ результатов ответов 37 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены признаки, расцененные как незначимые в виду малой частоты встречаемости.

Note: an analysis of the results of responses from 37 doctors who filled out this section is provided; the features assessed as insignificant due to their low frequency of occurrence are highlighted in dark color.

Подавляющим большинством респондентов среди дисфункций мочеполовой системы стрессового характера отмечались нарушения мочеиспускания (частые позывы на мочеиспускание, ощущение неполного опорожнения мочевого пузыря, императивные позывы к мочеиспусканию, но при этом невозможность сходить в туалет) и различные ухудшения сексуального функционирования (снижение либидо, снижение чувствительности и возбудимости, полового влечения, снижение удовлетворенности половой жизнью, отсутствие оргазма, избегание секса, психологическая импотенция/

отсутствие эрекции/слабая эрекция, нарушение эректильной функции) (табл. 9). Достаточно часто описывались диспареуния и тазовая боль, реже — цистит и рецидивы воспалительных заболеваний органов малого таза (табл. 9).

Среди дерматологических симптомов стрессового характера часто описывались кожный зуд (отметили 44 % респондентов), аллергические высыпания и зудящие дерматиты (воспалительные заболевания кожи, нейродермит, экзема) — 33,3 %; псориаз и обострение псориаза — 14,8 % (табл. 10).

Таблица 9. Симптомы дисфункции мочеполовой системы стрессового характера и частота их упоминания опрошенными специалистами

Table 9. Symptoms of stress-related genitourinary dysfunction and the frequency of their mention by the surveyed specialists

№	Симптомы дисфункции мочеполовой системы / Symptoms of stress-related genitourinary dysfunction	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Нарушение мочеиспускания / Urinary dysfunction	24	96,8
2	Снижение сексуального функционирования / Decreased sexual functioning	26	83,5
3	Диспареуния / Dyspareunia	9	30,0
4	Тазовая боль / Pelvic pain	6	19,3
5	Цистит / Cystite	3	9,6
6	Рецидивы воспалительных заболеваний органов малого таза / Recurrences of pelvic inflammatory diseases	3	9,6
7	Приливы / Hot flashes	2	6,4
8	Уменьшение лубрикации / Reduced lubrication	2	6,4
9	Бесплодие / Infertility	1	3,2
10	Нарушения менструального цикла / Menstrual irregularities	1	3,2
11	Полиурия / Polyuria	1	3,2
12	Кандидоз / Candidiasis	1	3,2
13	Ухудшение ПМС / Worsening of PMS	1	3,2
14	Боли в яичках / Pain in the testicles	1	3,2
15	Ночное мочеиспускание (ноктурия) / Night urination (nocturia)	1	3,2

Примечание: приведен анализ результатов ответов 31 врача, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены признаки, расцененные как незначимые в виду малой частоты встречаемости.

Note: an analysis of the results of responses from 31 doctors who filled out this section is provided; the features assessed as insignificant due to their low frequency of occurrence are highlighted in dark color.

Таблица 10. Дерматологические симптомы стрессового характера и частота их упоминания опрошенными специалистами

Table 10. Dermatological symptoms of a stressful nature and the frequency of their mention by the surveyed specialists

№	Дерматологические симптомы стрессового характера / Dermatological symptoms of a stressful nature	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Нервный зуд / Nervous itching	12	44,4
2	Аллергические высыпания / Allergic rashes	10	37,0

№	Дерматологические симптомы стрессового характера / Dermatological symptoms of a stressful nature	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
3	Зудящие дерматиты / Itchy dermatitis	10	37,0
4	Псориаз/увеличение площади его распространения / Psoriasis/increase in its area of distribution	4	14,8
5	Бледность кожных покровов / Paleness of the skin	2	7,4
6	Повторные повреждения кожи (эксориации) / Repeated skin injuries (excoriations)	1	3,7
7	Красные пятна / Red spots	1	3,7
8	Потливость / Perspiration	1	3,7
9	Покраснение лица, шеи / Redness of the face, neck	1	3,7
10	Влажные холодные руки / Wet cold hands	1	3,7
11	Гиперемия кожи / Hyperemia of the skin	1	3,7
12	Фурункулез / Furunculosis	1	3,7
13	Герпес /Herpes	1	3,7

Примечание: приведен анализ результатов ответов 27 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены признаки, расцененные как незначимые в виду малой частоты встречаемости.
Note: an analysis of the results of responses from 27 doctors who filled out this section is provided; the features assessed as insignificant due to their low frequency of occurrence are highlighted in dark color.

К наиболее частой дисфункции иммунной системы стрессового характера отнесены частые простудные, аутоиммунные и аллергические заболевания (инфекционные, вирусные, аутоиммунные, простудные: ОРВИ, гаймориты, ангины, ОРЗ, аллергии); значительно реже упоминались герпес, повышенная утомляемость (общая слабость, быстрая утомляемость), плохое заживление ран, нарушение регенерации тканей (табл. 11).

Таблица 11. Симптомы дисфункции иммунной системы стрессового характера и частота их упоминания опрошенными специалистами
Table 11. Symptoms of immune system dysfunction of a stress nature and the frequency of their mention by the surveyed specialists

№	Симптомы дисфункции иммунной системы стрессового характера / Symptoms of immune system dysfunction of a stress nature	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Частые простудные, аутоиммунные и аллергические заболевания / Frequent colds, autoimmune and allergic diseases	15	88,8
2	Герпес / Herpes	2	11,1
3	Повышенная утомляемость / Increased fatigue	2	11,1
4	Нарушение регенерации тканей / Impaired tissue regeneration	2	11,1
5	Длительное течение заболеваний / Prolonged course of diseases	1	5,5
6	Псориаз / Psoriasis	1	5,5
7	Фурункулез / Furunculosis	1	5,5
8	Повышение температуры / Temperature increase	1	5,5

Примечание: приведен анализ результатов ответов 18 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены признаки, расцененные как незначимые в виду малой частоты встречаемости.
Note: an analysis of the results of responses from 18 doctors who filled out this section is provided; the features assessed as insignificant due to their low frequency of occurrence are highlighted in dark color.

Из симптомов парафункции жевательных мышц, развивающихся на фоне стресса, чаще всего упоминались бруксизм и гипертонус жевательных мышц; реже — дисфункция височно-нижнечелюстного сустава (характерный звук по время жевания, боль, ограничение движений нижней челюсти, шумы при движе-

нии челюсти), стискивание зубов, лицевые боли, сколы зубов и пломб, стирание эмали, стираемость зубов (табл. 12).

В блоке «дисфункция ЛОР-органов» наиболее часто упоминались кашель, нарушение глотания, ком в горле и нарушение носового дыхания (табл. 13).

Таблица 12. Симптомы парафункции жевательных мышц стрессового характера и частота их упоминания опрошенными специалистами

Table 12. Symptoms of stress-related parafunction of the masticatory muscles and the frequency of their mention by the surveyed specialists

№	Симптомы парафункции жевательных мышц стрессового характера / Symptoms of stress-related parafunction of the masticatory muscles	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Бруксизм (скрежет зубов) / Bruxism (teeth grinding)	6	40,0
2	Гипертонус жевательных мышц / Hypertonicity of the masticatory muscles	6	40,0
3	Дисфункция височно-нижнечелюстного сустава / Temporomandibular joint dysfunction	4	26,7
4	Стискивание зубов / Teeth clenching	3	20
5	Лицевые боли / Facial pain	3	20
6	Сколы зубов и пломб, стирание эмали, стираемость зубов / Chipping of teeth and fillings, enamel wear, tooth abrasion	2	15,4
7	Напряжение в мышцах рта / Tension in the muscles of the mouth	1	6,7
8	Занижение прикуса / Underbite	1	6,7
9	Головные боли / Headaches	1	6,7
10	Шум в ушах / Tinnitus	1	6,7
11	Ограничение открывания рта / Restriction of mouth opening	1	6,7
12	Нечеткость речи / Slurred speech	1	6,7

Примечание: приведен анализ результатов ответов 15 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены признаки, расцененные как незначимые в виду малой частоты встречаемости.

Note: an analysis of the results of responses from 15 doctors who filled out this section is provided; the features assessed as insignificant due to their low frequency of occurrence are highlighted in dark color.

Таблица 13. Симптомы дисфункции ЛОР-органов стрессового характера и частота их упоминания опрошенными специалистами

Table 13. Symptoms of ENT dysfunction of stress-related nature and the frequency of their mention by the surveyed specialists

№	Симптомы дисфункции ЛОР-органов / Symptoms of ENT dysfunction of stress-related nature	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Навязчивый кашель / Obsessive cough	4	36,4
2	Сложности при глотании (дисфагии) / Difficulty swallowing (dysphagia)	4	36,4
3	Ком в горле / Lump in the throat	3	27,3
4	Нарушение носового дыхания / Nasal breathing disorder	3	27,3
5	Осиплость голоса / Voices hoarseness	2	18,2
6	Снижение слуха / Hearing decline	2	18,2

№	Симптомы дисфункции ЛОР-органов / Symptoms of ENT dysfunction of stress-related nature	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
7	Шум в ушах / Noise in the ear	1	9,1
8	Орофациальные боли / Orofacial pain	1	9,1
9	Закладывание ушей / Ear blockage	1	9,1
10	Головокружение / Dizziness	1	9,1
11	Иррадиированные боли верхней челюсти / Radiated pain in the upper jaw	1	9,1
12	Боли в носовых пазухах / Pain in the sinuses	1	9,1
13	Частые ОРЗ / Frequent acute respiratory infections	1	9,1
14	Першение в горле / Sore throat	1	9,1

Примечание: приведен анализ результатов ответов 11 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены клинически незначимые признаки.
Note: this is an analysis of the responses of 11 physicians who completed this section; clinically insignificant signs are highlighted in dark color.

Представленная в блоке «иное» информация (табл. 14) носила разрозненный характер, часть из описанных расстройств (нарушение сна, тошнота, боль в спине, головные боли, постоянная усталость) встречалась и в предыдущих блоках.
Проведенное анкетирование специалистов позволило получить информацию по широкому спектру расстройств различных органов, систем и функций организма, ассоциированных со стрессом. В результате обобщения схожих

описаний нами были выделены 47 значимых симптомов, которые легли в основу разрабатываемого опросника «Комплексная оценка физиологических симптомов проявления стресса». Представленные респондентами симптомы были неспецифичны: они могли носить как функциональный характер, при котором никакой патологии со стороны органов и систем не выявляется, так и быть проявлением заболеваний, при которых в организме возникают те или иные патологические изменения.

Таблица 14. Иные телесные симптомы и расстройства функций стрессового характера, не вошедшие в другие рубрики
Table 14. Other physical symptoms and disorders of functions of a stress nature, not included in other headings

№	Иные телесные симптомы и расстройства функций стрессового характера / Other physical symptoms and disorders of functions of a stress nature	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
1	Нарушения сна / Sleep disorders	3	21,4
2	Боли / Pains	2	14,2
3	Тошнота / Nausea	2	14,2
4	Дискомфорт в области шейно-воротниковой зоны / Discomfort in the cervical-collar area	2	14,2
5	Головокружение / Dizziness	2	14,2
6	Боль в спине / Back pain	1	7,1
7	Боль в суставах / Joint pain	1	7,1
8	Головные боли / Headaches	1	7,1
9	Мышечные боли / Muscle pain	1	7,1
10	Фантомные боли / Phantom pains	1	7,1
11	Распирание, тяжесть / Distension, heaviness	1	7,1
12	Учащенное сердцебиение / Rapid heartbeat	1	7,1

№	Иные телесные симптомы и расстройства функций стрессового характера / Other physical symptoms and disorders of functions of a stress nature	Частота упоминания симптомов специалистами / Frequency of symptoms mentioned by specialists	
		n	%
13	Постоянная усталость / Constant fatigue	1	7,1
14	Сонливость / Drowsiness	1	7,1
15	Снижение/повышение аппетита / Decreased/increased appetite	1	7,1
16	Высокая чувствительность к тактильным ощущениям, звукам, вкусам, запахам, свету / High sensitivity to tactile sensations, sounds, tastes, smells, light	1	7,1
17	Выпадение волос / Hair loss	1	7,1
18	Запинки, повторения, зависания на отдельных словах и звуках / Hesitation, repetition, freezing on individual words and sounds	1	7,1
19	Дискоординация ротового и носового дыхания / Discoordination of mouth and nose breathing	1	7,1
20	Глазная боль / Eye pain	1	7,1
21	Снижение остроты зрения / Decreased visual acuity	1	7,1
22	Повышенная чувствительность глаз, чувство инородного тела в глазу / Increased sensitivity of the eyes, sensation of a foreign body in the eye	1	7,1
23	Избегание яркого света / Avoiding bright light	1	7,1

Примечание: приведен анализ результатов ответов 14 врачей, которые заполнили данный раздел; темным цветом выделены клинически незначимые признаки.
Note: this is an analysis of the responses of 14 physicians who completed this section; clinically insignificant signs are highlighted in dark color.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В анкетировании по соматовегетативным проявлениям стресса приняли участие непосредственно оказывающие помощь пациентам в медицинских учреждениях врачи различных специальностей и медицинские психологи (всего 160 респондентов). Широкий спектр респондентов, относящихся к различным специальностям позволил объемно рассмотреть интересные расстройства и выделить 47 психосоматических симптомов со стороны различных органов и систем, развивающихся под воздействием стресса. В применяемых в настоящее время бланковых формах опросников, состоящих из 10–50 пунктов [14], вопросы направлены на общую оценку уровня испытываемого дискомфорта и содержат в себе общие наиболее распространенные соматические симптомы стресса либо не содержат их вообще, что ограничивает проведение при их помощи диагностики широко распространенных в медицинских учреждениях соматического профиля психосоматических расстройств. Выделенные в результате проведенного анкетирования симптомы легли в основу разрабатываемого опросника «Комплексная оценка физиологических симптомов проявления стресса». Поскольку все представленные симптомы неспецифичны и могут встречаться не только при стрессе, но и при других патологических состояниях, мы пришли к выводу о необходимости добавле-

ния к ним дополнительных подробных характеристик, позволяющих более точно определять их стрессовый характер. В цифровом формате по методу «дерево решений» нами разработана рабочая версия опросника, которая включает 7 разделов: сердечно-сосудистая система, пищеварительная система, нервная система, дыхательная система, мочеполовая система, челюстно-лицевая система и другие расстройства. Каждый раздел включает перечень соответствующих дисфункциональных симптомов. Пациент выбирает только характерные для него дисфункции из предложенного перечня, переходит по ссылке и отвечает на уточняющие вопросы, представляющие собой диагностический алгоритм, верифицирующий состояние. Ожидается, что данная методика будет значительно экономить время, приближаясь к скрининговой, и одновременно за счет целенаправленной оценки конкретного состояния позволит надежно диагностировать ассоциированные со стрессом расстройства и принять меры по их коррекции.

Ограничения исследования

Ограничением исследования можно считать неравномерную представленность в выборке различных специалистов: преобладание неврологов и терапевтов/врачей общей практики среди общей выборки, небольшое количество врачей более узких специаль-

ANNA A. KUZUYKOVA ET AL. | ORIGINAL ARTICLE

ностей (дерматолог, уролог, ревматолог, инфекционист, офтальмолог), что, возможно, ограничило получение полного спектра соматовегетативных симптомов по отдельным органам и системам. С другой стороны, состав специалистов вполне соответствует их представленности в первичном звене медицинской помощи, поскольку пациенты чаще всего обращаются именно к врачам общей практики, а при подозрении у себя тех или нарушений стрессового/нервного происхождения чаще

всего обращаются к неврологу, нежели к психиатру/психотерапевту.

В случае успеха в разработке нового опросника «Комплексная оценка физиологических симптомов проявления стресса» дальнейшие исследования могут быть направлены на анкетирование по вопросам соматовегетативных симптомов стресса большего количества узких специалистов с целью охвата более широкого спектра психосоматической патологии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Кузюкова Анна Александровна, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом нейрореабилитации и клинической психологии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: kuzyukovaaa@nmicrk.ru, anna_kuzyukova@mail.ru;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9275-6491>

Левченко Наталья Александровна, научный сотрудник отдела нейрореабилитации и клинической психологии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-5389-5274>

Марченкова Лариса Александровна, доктор медицинских наук, руководитель научно-исследовательского управления, заведующий отделом соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, профессор кафедры восстановительной медицины, физической терапии и медицинской реабилитации, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

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: Кузюкова А.А. — научное обоснование, методология, программное обеспечение, верификация данных, анализ данных, проведение исследования, написание черновика рукописи, провер-

ка и редактирование рукописи; Левченко Н.А. — обеспечение материалами для исследования, анализ данных; Марченкова Л.А. — проверка и редактирование рукописи, руководство проектом.

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России № 124013100903-0 «Разработка программного обеспечения для диагностики стрессовой напряженности как основы для применения персонифицированной медико-психологической реабилитации».

Конфликт интересов. Марченкова Л.А. — председатель редакционного совета журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

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 (г. Москва, Россия) (протокол № 2 от 14.02.2023).

Информированное согласие. В исследовании не раскрывается сведений, позволяющих идентифицировать личность пациентов. От всех пациентов (законных представителей) было получено письменное согласие на публикацию всей соответствующей медицинской информации, включенной в рукопись.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Anna A. Kuzyukova, Ph.D. (Med.), Leading Researcher, Head of the Department of Neurorehabilitation and Clinical Psychology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: kuzyukovaaa@nmicrk.ru, anna_kuzyukova@mail.ru;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9275-6491>

Natalia A. Levchenko, Researcher of the Department of Neurorehabilitation and Clinical Psychology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-5389-5274>

Larisa A. Marchenkova, D.Sc. (Med.), Head of the Research Department, Head of the Department of Somatic Rehabilitation, Reproductive Health and Active Longevity, Professor at the Department of Restorative Medicine, Physical Therapy and Medical Rehabilitation, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

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). Kuzyukova A.A. — conceptualization, methodology, software, validation, formal analysis, investigation, writing — original draft, writing — review & editing; Levchenko N.A. — resources, formal analysis; Marchenkova L.A. — writing — review & editing, project administration.

Funding. The work was performed within the framework of the state assignment of the Ministry of Health of Russia No. 124013100903-0 "Development of software for the diagnosis of stress tension as a basis for the application of personalized medical and psychological rehabilitation".

Disclosure. Marchenkova L.A. — Chair of the Editorial Council of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal. Other 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 article comply with the ethical standards of the institutions that conducted the study and comply with the Helsinki Declaration as amended in 2013. The study was approved by the local Ethics committee of the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology (Moscow, Russia) (Protocol No. 2 dated 14.02.2023).

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patient(s). Written consent was obtained from all patients (legal representatives) for publication of all relevant medical information included in the manuscript.

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

Список литературы / References

1. Драпкина О.М., Гоманова Л.И., Баланова Ю.А. и др. Распространенность психоэмоционального стресса среди российской популяции и его ассоциации с социально-демографическими показателями. Данные исследования ЭССЕ-РФ3. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2023; 22(85): 3795. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3795> [Drapkina O.M., Gomanova L.I., Balanova Yu.A., et al. Prevalence of psychological stress among the Russian population and its association with socio-demographic characteristics. Data from the ESSE-RF3 study. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2023; 22(85): 3795. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3795> (In Russ.).]
2. Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ). Управление стрессом. Доступно на: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/upravlenie-stressom> (Дата обращения: 20.12.2024). [Russian Public Opinion Research Center (JSC "VCIOM"). Stress Management. Available at: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/upravlenie-stressom> (Accessed 20.12.2024) (In Russ.).]
3. Одарущенко О.И., Ансокова М.А., Марченкова Л.А. и др. Комплексное применение аудиовизуальной стимуляции и когнитивно-поведенческой психотерапии в реабилитации пациентов с синдромом постковидных нарушений: проспективное рандомизированное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(4): 96–104. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-96-104> [Odaruschenko O.I., Ansokova M.A., Marchenkova L.A., et al. Audiovisual Stimulation and Cognitive Behavioral Psychotherapy Complex Application in the Rehabilitation of Patients with Long COVID: a Prospective Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(4): 96–104. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-96-104> (In Russ.).]
4. Добрин А.В., Ельникова О.Е., Колосова И.Г. Особенности сенсомоторного реагирования студентов с различным типом отношения к болезни: поперечное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(3): 21–31. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-3-21-31> [Dobrin A.V., Elnikova O.E., Kolosova I.G. Features of Sensorimotor Response of Students with Different Types of Attitude to the Disease: a Cross-Sectional Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(3): 21–31. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-3-21-31> (In Russ.).]
5. Хохлова О.И., Васильченко Е.М., Верш В.А., Денисова Я.А. Стратегии совладания со стрессом и выгорание у медицинских и социальных работников, оказывающих услуги маломобильным гражданам. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(6): 67–77. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-6-67-77> [Khokhlova O.I., Vasilchenko E.M., Versh V.A., Denisova Ya.A. Coping Strategies and Burnout Among Medical and Social Workers Providing Services to People with Limited Mobility. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(6): 67–77. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-6-67-77> (In Russ.).]
6. Есин Р.Г., Есин О.Р., Хакимова А.Р. Стресс-индуцированные расстройства. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020; 120(5): 131–137. <https://doi.org/10.17116/jnevro2020120051131> [Esin R.G., Esin O.R., Khakimova A.R. Stress-induced disorders. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2020; 120(5): 131–137. <https://doi.org/10.17116/jnevro2020120051131> (In Russ.).]
7. Вербенко В.А., Двирский А.А., Солдатенко А.А. Психосоматические особенности тревожных и депрессивных расстройств. Врач. 2025; 36(2): 5–12. <https://doi.org/10.29296/25877305-2025-02-01> [Verbenko V.A., Dvirsky A.A., Soldatenko A.A. Psychosomatic features of anxiety and depressive disorders. Vrach (The Doctor). 2025; 36(2): 5–12. <https://doi.org/10.29296/25877305-2025-02-01> (In Russ.).]
8. Толоконин А.О. Модели патогенеза психосоматических расстройств и концепция психосоматического сценария. Медицинский вестник Юга России. 2023; 14(2): 61–66. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2023-14-2-61-66> [Tolokonin A.O. Models of pathogenesis of psychosomatic disorders and the concept of psychosomatic scenario. Medical Herald of the South of Russia. 2023; 14(2): 61–66. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2023-14-2-61-66> (In Russ.).]
9. Cao J., Ding L. Psychosomatic Practice in Gastroenterology: New Insights and Models from China. Psychother Psychosom. 2019; 88(6): 321–326. <https://doi.org/10.1159/000502780>
10. Desai K.M., Kale A.D., Shah P.U., Rana S. Psychosomatic Disorders: A Clinical Perspective and Proposed Classification System. Arch Iran Med. 2018; 21 (1):44–45.
11. Смулевич А.Б., Яхно Н.Н., Терлуин Б. и др. Четырехмерный опросник для оценки дистресса, депрессии, тревоги и соматизации (4ДДТС) при вегетативных психосоматических расстройствах пограничного уровня. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2014; 114(11):67–73. [Smulevich A.B., Iakhno N.N., Terluin B., et al. The Four-Dimensional Symptom Questionnaire (4DSQ) to Assess Distress, Depression, Anxiety and Somatization in Autonomic and Borderline Psychosomatic Disorders. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2014; 114(11): 67–73 (In Russ.).]
12. Strain J.J. Globalization of psychosomatic medicine. Gen Hosp Psychiatry. 2017; 48: 62–64. <https://doi.org/10.1016/j.genhosppsy.2017.07.003>
13. Wei J., Zhang L., Zhao X., Fritzsche K. Current Trends of Psychosomatic Medicine in China. Psychother Psychosom. 2016; 85 (6): 388–390. <https://doi.org/10.1159/000447780>
14. Кузюкова А.А., Пехова Я.Г., Одарущенко О.И. и др. Актуальные опросники для оценки стрессовых состояний и их применение в медицине: обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(2): 71–85. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-2-71-85> [Kuzuyukova A.A., Pekhova Ya.G., Odaruschenko O.I., et al. Current Questionnaires for Assessing Stress Conditions and Their Application in Medicine: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(2): 71–85. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-2-71-85> (In Russ.).]

Применение спектральной фототерапии в лечении пациентов с ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна: проспективное исследование

 Жигжитов Б.А.^{1,*},  Марченкова Л.А.¹,  Князьков В.Б.²,  Лебедева Д.Д.³,
 Агасаров Л.Г.^{1,4}

¹ Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

² Российский университет медицины Минздрава России, Москва, Россия

³ Центральная клиническая больница Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия

⁴ Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Клинически часто выявляемое сочетание ронхопатии (храпа) и синдрома обструктивного апноэ сна (СОАС) представляет собой важную проблему современной медицины. Коррекцию данной патологии с известным успехом выполняют хирургически, однако в этой связи следует указать на особенности состояния большинства пациентов, препятствующие оперативному воздействию, а также на отмечаемую частоту рецидивов процесса. Кроме того, значимость в обструкции верхних дыхательных путей факторов преходящего характера, требующих коррекции именно в фазе обострения, свидетельствует о перспективности разработки современных терапевтических подходов.

ЦЕЛЬ. Изучить эффективность оригинального метода спектральной фототерапии в комплексном лечении пациентов с ронхопатией и СОАС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Под наблюдением находилось 90 пациентов (67 мужчин и 23 женщины) в возрасте от 30 до 75 лет с ронхопатией и СОАС средней степени тяжести. Обследование данных лиц проводили путем анкетирования, фарингоскопии, респираторного мониторинга, они сдавали биохимический анализ (с подсчетом баланса ряда микроэлементов) до лечения, через 10 дней и 3 месяца после лечения. Данные лица были разделены на три лечебные группы, каждая состояла из 30 человек. Во всех группах выполняли стандартное воздействие, включающее позиционную терапию, гимнастику мышц орофациальной области и др. В 1-й группе ограничивались этим, тогда как во 2-й дополнительно использовали ношение внутриротовой капы, а в 3-й — ношение капы и проведение спектральной фототерапии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Данные анкетированного опроса, выполненного после лечения, отразили регресс проявлений заболевания у пациентов всех групп, но с приоритетом третьей группы, лечение пациентов которой включало спектральную фототерапию. Снижение интенсивности храпа и уменьшение количества эпизодов ночного апноэ при улучшении качества сна отмечено через 10 дней лечения у 12 пациентов первой группы, 18 — второй и 21 — третьей, а через 3 месяца лечения сохранность лечебного эффекта отмечена у 9 пациентов первой группы, 11 — второй и 15 — третьей, что коррелировало с увеличением уровня калия, магния, марганца и кальция и соответствовало переходу СОАС из средней степени в легкую.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Спектральная фототерапия является эффективным методом, показанным к использованию в комплексном лечении пациентов с ронхопатией и СОАС средней степени тяжести.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ронхопатия, синдром обструктивного апноэ сна, индекс апноэ/гипопноэ, мягкое небо, спектральная фототерапия

Для цитирования / For citation: Жигжитов Б.А., Марченкова Л.А., Князьков В.Б., Лебедева Д.Д., Агасаров Л.Г. Применение спектральной фототерапии в комплексном лечении пациентов с ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна: проспективное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):94–101. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-94-101> [Zhigzhитov B.A., Marchenkova L.A., Knyazkov V.B., Lebedeva D.D., Agasarov L.G. Application of Spectral Phototherapy in the Complex Treatment of Patients with Ronchopathy and Obstructive Sleep Apnea Syndrome: a Prospective Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):94–101. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-94-101> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Жигжитов Баир Александрович, E-mail: bair-108@yandex.ru, zhigzhитovba@nmicrk.ru

Статья получена: 24.03.2025
Статья принята к печати: 14.04.2025
Статья опубликована: 16.06.2025

Application of Spectral Phototherapy in the Treatment of Patients with Ronchopathy and Obstructive Sleep Apnea Syndrome: a Prospective Study

 **Bair A. Zhigzhitov**^{1,*},  **Larisa A. Marchenkova**¹,  **Vladimir B. Knyazkov**²,
 **Daria D. Lebedeva**³,  **Lev G. Agasarov**^{1,4}

¹ National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

² Russian University of Medicine, Moscow, Russia

³ Central Clinical Hospital of the Administrative directorate of the President of the Russian Federation, Moscow, Russia

⁴ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The clinically frequently detected combination of ronchopathy (snoring) and obstructive sleep apnea is an important problem in modern medicine. Correction of this pathology is performed surgically with known success, however, in this regard, it is necessary to point out the features of the condition of most patients that prevent surgical intervention, as well as the observed frequency of recurrence of the process. In addition, the importance of transient factors in upper respiratory tract obstruction, which require correction during the acute phase, indicates the prospects for the development of modern therapeutic approaches.

AIM. To study the effectiveness of the original spectral phototherapy method in the complex treatment of patients with ronchopathy and obstructive sleep apnea syndrome.

MATERIALS AND METHODS. The study included 90 patients (67 men and 23 women) aged 30 to 75 years with bronchopathy and moderate obstructive sleep apnea. The examination of these individuals was carried out using questionnaires, pharyngoscopy, respiratory monitoring, and biochemical analysis (calculating the balance of a number of trace elements) before, 10 days, and 3 months after treatment. These patients were divided into three groups, each consisting of 30 people. In all groups, standard treatment was performed, including positional therapy, exercises for facial muscles, etc. In group 1, they limited themselves to this, while in group 2, they additionally used intraoral mouthguards, and in group 3, mouthguards and spectral phototherapy were used.

RESULTS AND DISCUSSION. The data from the questionnaire survey performed after treatment reflected the regression of disease manifestations in patients of all groups, however, with the priority of the third group, the treatment of which included spectral phototherapy. A decrease in the intensity of snoring and a decrease in the number of episodes of sleep apnea with improved sleep quality was noted after 10 days of treatment in 12 patients of the first group, 18 in the second and 21 in the third, and after 3 months of treatment, the preservation of the therapeutic effect was noted in 9 patients of the first group, 11 in the second and 15 in the third, which correlated with an increase in potassium, magnesium, manganese, and calcium, and corresponded to the transition of OSA from moderate to mild.

CONCLUSION. Spectral phototherapy is an effective method indicated for use in the complex treatment of patients with ronchopathy and obstructive sleep apnea syndrome of moderate severity.

KEYWORDS: ronchopathy, obstructive sleep apnea syndrome, apnea/hypopnea index, soft palate, spectral phototherapy

For citation: Zhigzhitov B.A., Marchenkova L.A., Knyazkov V.B., Lebedeva D.D., Agasarov L.G. Application of Spectral Phototherapy in the Complex Treatment of Patients with Ronchopathy and Obstructive Sleep Apnea Syndrome: a Prospective Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):94–101. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-94-101> (In Russ.).

* **For correspondence:** Bair A. Zhigzhitov, E-mail: bair-108@yandex.ru, zhigzhitovba@nmicrk.ru

Received: 24.03.2025

Accepted: 14.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Сочетание ронхопатии и синдрома обструктивного апноэ сна (СОАС) является распространенной патологией, представляющей собой актуальную проблему современной медицины. Число пациентов, нуждающихся в лечении и профилактике осложнений процесса, отличается неуклонным ростом, что определяет поиск новых методов коррекции этого состояния. Здесь с известным успехом применяют хирургическое пособие, однако подобное вмешательство на мягком небе зачастую приводит к травмам мышц, сопровождающихся частичным отторжением ткани, гипотрофией и гипотонией мышц и др. [1, 2]. Поэтому продолжается поиск новых инновационных методов в комплексном лечении данной категории больных [3, 4]. Необходимо учитывать и особенно-

сти состояния большинства пациентов, препятствующие оперативному воздействию. И, наконец, значимость факторов преходящего характера в обструкции верхних дыхательных путей, требующих коррекции именно в фазе обострения, свидетельствует о перспективности разработки именно терапевтических подходов [5]. При этом в случае легкой и средней степени тяжести течения СОАС консервативное лечение является методом выбора либо этапом, предваряющим оперативное воздействие.

ЦЕЛЬ

Изучить эффективность оригинального метода спектральной фототерапии в комплексном лечении пациентов с ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование было включено 90 пациентов (67 мужчин и 23 женщины) в возрасте от 30 до 75 лет с ронхопатией и СОАС средней степени тяжести.

Работа выполнена в соответствии с требованиями этического кодекса врача Российской Федерации и Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России (протокол № 25 от 05.02.2021).

Анкетированный опрос предвлял проведение клинического осмотра. Громкость (интенсивность) храпа оценивали с помощью опроса как пациента, так и лиц, ночующих с ним в одном помещении. Для оценки качества сна был применен Питтсбургский опросник.

С целью подтверждения наличия и степени тяжести патологии осуществляли респираторный мониторинг с помощью диагностической системы SOMNOchec micro (Германия). Прибор позволяет осуществлять круглосуточный мониторинг изменений количественных показателей индекса апноэ-гипопноэ, процентного содержания оксигемоглобина в артериальной крови (SaO_2), сигналов храпа. Измерения содержания микроэлементов K, Ca, Mg, Na, Mn, Cu в крови проводили с помощью электротермической атомноабсорбционной спектроскопии (прибор «Квант-Z.ЭТА», Россия).

Наблюдаемые лица методом простой рандомизации были разделены на три лечебные группы, каждая из 30 человек. Во всех группах выполняли стандартное воздействие, включающее позиционную терапию, гимнастику мышц орофациальной области, отказ от применения снотворных и транквилизаторов. Позиционное лечение включало в себя выбор подушки, обеспечение возвышенного положения изголовья, сон на боку. Гимнастику мышц языка, мягкого неба и глотки проводили по методу Бузунова Р.В. с соавт. (2013) [6].

Применение капы, эффективность которой доказана при неосложненном храпе, сопряженном с СОАС легкой и средней степени, способствовало увеличению переднезаднего размера глотки [7, 8].

Метод спектральной фототерапии (СФТ) в виде локального воздействия на биологически активные точки

и активные рефлексогенные зоны кожи обеспечивает доставку необходимых микроэлементов к тканям с помощью мультиспектральной энергии света (аппарат «СПЕКТО-Р», Россия). В частности, воздействие спектрами химических элементов, входящих в состав катода лампы типа «K-Mn», обосновано с позиций их участия в обеспечении нормальной работы трансмембранных клеточных «насосов» [9].

СФТ проводится путем воздействия спектров микроэлементов калия (K), кальция (Ca), магния (Mg), натрия (Na), меди (Cu), марганца (Mn) на область лица (лоб, щеки, ушная раковина), шеи, передней части грудной клетки. В положении сидя пациенту на эти зоны наносят крем «СФТ № 1». Излучатель «K-Mn» фиксируется на активные рефлексогенные зоны кожи. Экспозиция составляет от 0,5 до 2 минут (рис. 1).

В 1-й группе ограничивались стандартным подходом, во 2-й группе дополнительно использовали ношение внутриротового репозиционирующего аппликатора (капы), в 3-й — ношение капы и проведение спектральной фототерапии.

Лечение во всех группах проводили в течение 10 дней, а само исследование выполнялось в 3 этапа: до лечения, через 10 дней и 3 месяца после лечения.

Статистический анализ проводился с помощью программного обеспечения SPSS Statistics 26 (IBM). Основой описательной статистики для количественных переменных были средние значения и среднеквадратичное отклонение или медиана и квартили. Во всех случаях использовали двусторонние варианты статистических критериев. Нулевую гипотезу отвергали при $p < 0,05$. Качественные показатели сравнивали с помощью критерия Пирсона. Количественные показатели сравнивали в случае несвязанных выборок при помощи критерия Краскела — Уоллиса с апостериорными попарными сравнениями по методу Манна — Уитни с поправкой по Бонферрони на множественность сравнений, в случае связанных выборок — критерия Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе обследования наличие ронхопатии с СОАС средней степени тяжести подтверждено у всех пациентов. Результаты анкетированного опроса, выполненного через 10 дней после лечения, отразили регресс клини-

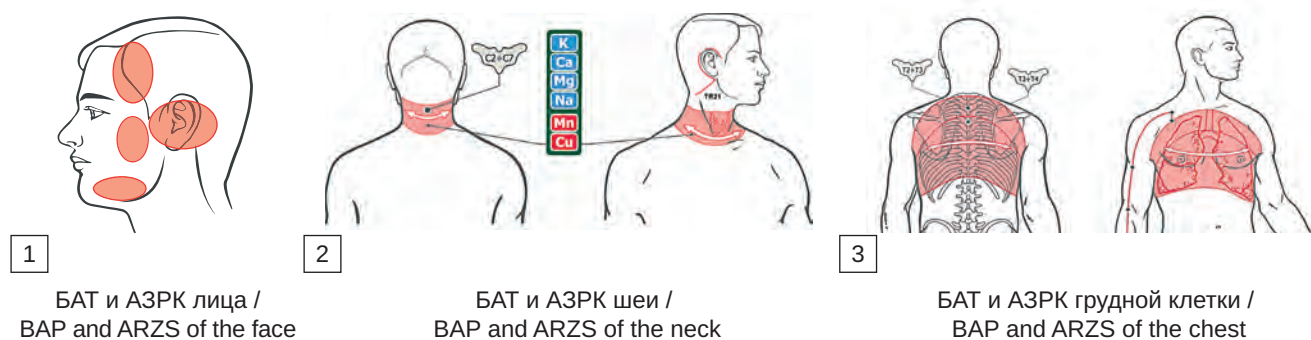


Рис. 1. Методика проведения спектральной фототерапии

Fig. 1. The technique of spectral phototherapy

Примечание: БАТ — биологически активные точки, АЗРК — активные рефлексогенные зоны кожи.

Note: BAP — biologically active points, ARZS — active reflexogenic zones of the skin.

ческих проявлений заболевания во всех группах, но с приоритетом 3-й группы. Так, снижение интенсивности храпа, уменьшение эпизодов возникновения ночного апноэ при улучшении качества сна отмечено у 12 пациентов 1-й группы, 18 — 2-й и 21 — 3-й. По истечении трех месяцев сохранность достигнутого эффекта отмечена у 9 пациентов 1-й группы, 11 — 2-й и 15 — 3-й, при этом статистической значимой разницы между группами согласно субъективной оценке самих пациентов не получено ($p = 0,058$ и $p = 0,238$), однако именно в 3-й группе (применение СФТ) у наибольшего количества пациентов был достигнут наиболее стойкий эффект.

Динамика выраженности храпа на фоне лечения оценивалась с помощью респираторного мониторинга (табл. 1).

При объективной оценке выраженности храпа через 10 дней лечения отмечена положительная динамика во всех трех группах пациентов, которая сохранялась и через 3 месяца после начала лечения, в большей выраженности у пациентов 2-й и в особенности 3-й группы, так как в дополнение к стандартной терапии применили капы и СФТ.

Данные биохимического анализа и респираторного мониторинга отразили однозначное преимущество подхода, включающего использование СФТ (табл. 2).

Уровень калия значительно увеличился в 3-й группе на фоне лечения через 10 дней, через три месяца его уровень несколько снизился, но все равно оставался значительно выше исходного. Во 2-й группе изменений уровня калия не отмечалось.

Уровни натрия и меди не изменялись ни в одной группе на протяжении всего периода лечения.

Уровень магния значительно увеличился в 3-й группе на фоне лечения через 10 дней, через три месяца его уровень снизился, но все равно оставался значительно выше исходного. В 1-й группе отмечалось снижение уровня магния к 10-му дню лечения, но через 3 месяца лечения его уровень стал сопоставим с исходным. Во 2-й группе изменений уровня магния не отмечалось.

Уровень марганца значительно увеличился в 3-й группе на фоне лечения через 10 дней, через 3 месяца его уровень снизился, но все равно оставался значительно выше исходного. Во 2-й группе отмечалось снижение уровня марганца к 3-му месяцу лечения. В 1-й группе изменений уровня марганца не отмечалось.

Уровень кальция значительно увеличился в 3-й группе на фоне лечения через 10 дней, через 3 месяца его уровень снизился, но все равно оставался значительно выше исходного. В 1-й и 2-й группах изменений уровня кальция не отмечалось.

Индекс апноэ-гипопноэ значительно уменьшился во всех трех группах на фоне терапии как по сравнению с исходным уровнем, так и после 3 месяцев по сравнению с состоянием через 10 дней на фоне лечения. Аналогично достоверно изменялся и уровень оксигемоглобина, только в сторону увеличения его содержания. Наиболее выраженные изменения отмечались в 3-й группе.

Таким образом, эффективность данного воздействия была подтверждена снижением индекса апноэ-гипопноэ, повышением содержания оксигемоглобина в крови, исчезновением или уменьшением интенсивности храпа, что отразило переход СОАС из средней степени

Таблица 1. Динамика выраженности храпа на фоне лечения
Table 1. Dynamics of snoring severity on the background of treatment

Параметр / Parameter	Группа / Group			$p_{\text{общ.}} / p_{\text{gener.}}$	$p_{\text{post-hoc}}$
	1 (n = 30)	2 (n = 30)	3 (n = 30)		
Процент храпа до начала лечения (I) / Percent of snoring before treatment	35 [34; 36]	35 [33; 37]	35 [33; 37]	> 0,05	—
Процент храпа через 10 дней после лечения (II) / Percent of snoring after 10 days of treatment	15 [14; 16]	10 [7; 13]	7 [6; 8]	< 0,001	$p_{1-2,3} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,024$
Процент уменьшения храпа через 10 дней лечения / Percent reduction of snoring after 10 days of treatment	20 [18; 22]	25 [21; 29]	28 [25; 31]	< 0,001	$p_{1-2,3} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,029$
pI-II	< 0,001	< 0,001	< 0,001	—	—
Процент храпа через 3 месяца после лечения (III) / Percent snoring after 3 months of treatment	18 [14; 22]	12 [9; 15]	8 [7; 9]	< 0,001	$p_{1-2,3;2-3} < 0,001$
Процент уменьшения храпа через 3 месяца лечения по сравнению с исходным процентом / Reduction of snoring after 3 months of treatment compared to baseline percentage	17 [14; 20]	23 [20; 26]	27 [25; 29]	< 0,001	$p_{1-2,3} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,003$
pII-III	0,001	0,017	> 0,05	—	—
pI-III	< 0,001	< 0,001	< 0,001	—	—

Таблица 2. Показатели уровня микроэлементов в крови и респираторного мониторинга у пациентов в динамике
Table 2. Indicators of trace elements level in blood and respiratory monitoring in patients in dynamics

Параметр / Parameter	Группа / Group			$p_{\text{общ.}} / p_{\text{gener.}}$	$p_{\text{post-hoc}}$
	1	2	3		
До начала лечения (I) / before treatment (I)					
K, ммоль/л / K, mmol/l	4,05 ± 0,21	4,07 ± 0,18	4,03 ± 0,19	> 0,05	—
Ca, ммоль/л / Ca, mmol/l	2,21 ± 0,02	2,23 ± 0,03	2,22 ± 0,03	> 0,05	—
Mg, ммоль/л / Mg, mmol/l	0,75 ± 0,04	0,72 ± 0,03	0,73 ± 0,03	0,009	$p_{1-2} = 0,010$
Na, ммоль/л / Na, mmol/l	140,77 ± 2,18	140,93 ± 2,07	141,07 ± 2,10	> 0,05	—
Mn, мкг/л / Mn, mcg/l	0,95 ± 0,22	0,93 ± 0,22	0,95 ± 0,23	> 0,05	—
Cu, мкг/л / Cu, mcg/l	1,22 ± 0,24	1,23 ± 0,26	1,22 ± 0,25	> 0,05	—
ИАГ / ANI	22,90 ± 0,10	21,20 ± 0,13	20,40 ± 0,19	< 0,001	$p_{1-2,3; 2-3} < 0,001$
Оксигемоглобин, % / Oxyhemoglobin, %	88,50 ± 0,20	87,90 ± 0,10	88,20 ± 0,21	< 0,001	$p_{2-1,3} < 0,001;$ $p_{1-3} = 0,004$
Через 10 дней после начала лечения (II) / 10 days after the treatment (II)					
K, ммоль/л / K, mmol/l	4,03 ± 0,20	4,06 ± 0,25	4,37 ± 0,29	< 0,001	$p_{3-1,2} < 0,001$
pI-II	> 0,05	> 0,05	< 0,001	—	—
Ca, ммоль/л / Ca, mmol/l	2,22 ± 0,03	2,23 ± 0,03	2,37 ± 0,06	< 0,001	$p_{3-1,2} < 0,001$
pI-II	> 0,05	> 0,05	< 0,001	—	—
Mg, ммоль/л / Mg, mmol/l	0,73 ± 0,03	0,73 ± 0,03	0,95 ± 0,05	< 0,001	$p_{3-1,2} < 0,001$
pI-II	0,013	> 0,05	< 0,001	—	—
Na, ммоль/л / Na, mmol/l	141,00 ± 1,84	141,33 ± 1,81	141,37 ± 1,79	> 0,05	—
pI-II	> 0,05	> 0,05	> 0,05	—	—
Mn, мкг/л / m Mn, cg/l	1,01 ± 0,22	0,92 ± 0,21	1,56 ± 0,22	< 0,001	$p_{3-1,2} < 0,001$
pI-II	> 0,05	> 0,05	< 0,001	—	—
Cu, мкг/л / Cu, mcg/l	1,23 ± 0,27	1,21 ± 0,23	1,17 ± 0,25	> 0,05	—
pI-II	> 0,05	> 0,05	> 0,05	—	—
ИАГ / ANI	17,30 ± 0,18	15,90 ± 0,10	11,30 ± 0,29	< 0,001	$p_{1-2,3; 2-3} < 0,001$
pI-II	< 0,001	< 0,001	< 0,001	—	—
Оксигемоглобин, % / Oxyhemoglobin, %	92,10 ± 0,10	91,50 ± 0,20	95,80 ± 0,23	< 0,001	$p_{1-2,3; 2-3} < 0,001$
pI-II	< 0,001	< 0,001	< 0,001	—	—
Через 3 месяца после начала лечения (III) / 3 months after the treatment (III)					
K, ммоль/л / K, mmol/l	3,95 ± 0,20	4,03 ± 0,23	4,20 ± 0,22	< 0,001	$p_{3-1} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,025$
pII-III pI-III	> 0,05 0,032	> 0,05 > 0,05	0,014 0,003	—	—
Ca, ммоль/л / Ca, mmol/l	2,22 ± 0,03	2,22 ± 0,02	2,33 ± 0,05	< 0,001	$p_{3-1,2} < 0,001$
pII-III pI-III	> 0,05 > 0,05	> 0,05 > 0,05	0,011 < 0,001	—	—
Mg, ммоль/л / Mg, mmol/l	0,74 ± 0,03	0,73 ± 0,03	0,93 ± 0,05	< 0,001	$p_{3-1,2} < 0,001$
pII-III pI-III	> 0,05 > 0,05	> 0,05 > 0,05	> 0,05 < 0,001	—	—

ЖИГИТОВ Б.А И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Параметр / Parameter	Группа / Group			$p_{\text{общ.}} / p_{\text{gener.}}$	$p_{\text{post-hoc}}$
	1	2	3		
Na, ммоль/л / Na, mmol/l	140,77 ± 1,91	140,80 ± 2,11	140,97 ± 2,17	> 0,05	—
pII-III	> 0,05	> 0,05	> 0,05	—	—
pI-III	> 0,05	> 0,05	> 0,05	—	—
Mn, мкг/л / Mn, mcg/l	0,92 ± 0,23	0,77 ± 0,29	1,32 ± 0,19	< 0,001	$p_{3-1,2} < 0,001$
pII-III	> 0,05	0,028	< 0,001	—	—
pI-III	> 0,05	0,024	< 0,001	—	—
Cu, мкг/л / Cu, mcg/l	1,20 ± 0,25	1,23 ± 0,27	1,22 ± 0,23	> 0,05	—
pII-III	> 0,05	> 0,05	> 0,05	—	—
pI-III	> 0,05	> 0,05	> 0,05	—	—
ИАГ / AHI	18,70 ± 0,14	17,70 ± 0,20	8,40 ± 0,27	< 0,001	$p_{1-2,3; 2-3} < 0,001$
pII-III	< 0,001	< 0,001	< 0,001	—	—
pI-III	< 0,001	< 0,001	< 0,001	—	—
Оксигемоглобин, % / Oxyhemoglobin, %	90,30 ± 0,24	89,30 ± 0,24	93,50 ± 0,31	< 0,001	$p_{1-2,3; 2-3} < 0,001$
pII-III	< 0,001	< 0,001	< 0,001	—	—
pI-III	< 0,001	< 0,001	< 0,001	—	—

Примечание: ИАГ — индекс апноэ-гипопноэ.
Note: AHI — apnea-hypopnea index.

в легкую. С другой стороны, в случае лечения СФТ прослеживались статистически значимое повышение содержания калия, магния и в меньшей степени марганца и кальция.

Краткосрочность наблюдения предполагает продолжение исследования в последующем через 1, 3 года и 5 лет, в том числе в сравнении с другими методами фототерапии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования убедительно свидетельствуют об эффективности предложенного комплексного воздействия, включающего проведение СФТ. Это подтверждается результатами клинического, инструментального и биохимического анализа. Следует также отметить устойчивость достигнутого эффекта, наблюдаемого в данном случае по истечении даже трех месяцев.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Жигжитов Баир Александрович, врач оториноларинголог, научно-консультативное клинико-диагностическое отделение, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.
E-mail: bair-108@yandex.ru, zhigzhitovba@nmicrk.ru;
ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-2382-2879>

Марченкова Лариса Александровна, доктор медицинских наук, доцент, руководитель научно-исследовательского управления, заведующий отделом соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, профессор кафедры восстановительной медицины, физической терапии и медицинской реабилитации, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1886-124X>

Князьков Владимир Борисович, кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник, Российский университет медицины Минздрава России.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5742-3459>

Лебедева Дарья Дмитриевна, сомнолог, эндокринолог, Центральная клиническая больница Управления делами Президента Российской Федерации.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0193-7578>

Агасаров Лев Георгиевич, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет).
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5218-1163>

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: Жигжитов Б.А. — проведение исследования, верификация данных, анализ данных, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Марченкова Л.А. — курирование проекта, научное обоснование; Князьков В.Б. — руководство проектом, научное обоснование; Лебедева Д.Д. — проведение исследования, верификация данных; Агасаров Л.Г. — научное обоснование, методология, написание черновика рукописи.

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

Конфликт интересов. Марченкова Л.А. — председатель редакционного совета журнала «Вестник восстановительной медицины», Агасаров Л.Г. — член редакционной коллегии журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

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 ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России (протокол № 25 от 05.02.2021).

Информированное согласие. В исследовании не раскрываются сведений, позволяющих идентифицировать личность пациента(ов). От всех пациентов (законных представителей) было получено письменное согласие на публикацию всей соответствующей медицинской информации, включенной в рукопись.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Bair A. Zhigzhitov, Otorhinolaryngologist, Scientific Advisory Clinical and Diagnostic Department, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: bair-108@yandex.ru, zhigzhitovba@nmicrk.ru;

ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-2382-2879>

Larisa A. Marchenkova, D.Sc. (Med.), Docent, Head of the Research Department, Head of the Department of Somatic Rehabilitation, Reproductive Health and Active Longevity, Professor at the Department of Restorative Medicine, Physical Therapy and Medical Rehabilitation, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

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

Vladimir B. Knyazkov, Ph.D. (Med.), Junior Researcher, Russian University of Medicine.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5742-3459>

Daria D. Lebedeva, Somnologist, Endocrinologist, Central Clinical Hospital of the Office of the President of the Russian Federation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0193-7578>

Lev G. Agasarov, D.Sc. (Med.), Professor, Chief Researcher, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Professor at the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5218-1163>

Author Contributions. All authors confirm their authorship in accordance with the international criteria of the ICMJE (all authors have made significant contributions to the

concept, design of the study and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Zhigzhitov B.A. — investigation, validation, formal analysis, writing — original draft, writing — review & editing; Marchenkova L.A. — project administration, conceptualization; Knyazkov V.B. — supervision, conceptualization; Lebedeva D.D. — investigation, validation; Agasarov L.G. — conceptualization, methodology, writing — original draft.

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

Disclosure. Marchenkova L.A. — Chairman of the Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal, Agasarov L.G. — Member of Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal. The other authors state that there is no conflict of interest.

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 State Medical and Dental University named after A.I. Evdokimov (Moscow, Russia) Protocol No. 25 dated 05.02.2021.

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patient(s). Written consent was obtained from all patients (legal representatives) for publication of all relevant medical information included in the manuscript.

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

Список литературы / References

1. Wischhusen J., Qureshi U., Camacho M. Laser-assisted uvulopalatoplasty (LAUP) complications and side effects: A systematic review. *Nat Sci Sleep*. 2019; 11: 59–67. <https://doi.org/10.2147/nss.s178540>
2. Князьков В.Б., Праздников Э.Н., Дайхес Н.А. Причины неудач хирургического лечения больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна. *Лазерная медицина*. 2022; 26(3–4): 38–46. [Knyazkov V.B., Prazdnikov E.N., Daikhes N.A. Reasons for failure in surgical treatment of patients with rhonchopathy and obstructive sleep apnea syndrome. *Laser medicine*. 2022; 26(3–4): 38–46. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2022-26-3-4-38-46> (In Russ.).]
3. Юдин В.Е., Щегольков А.М., Климко В.В. и др. Комплексная медицинская реабилитация больных ишемической болезнью сердца с синдромом обструктивного апноэ-гипопноэ сна после чрескожной транслуминальной ангиопластики. *Вестник восстановительной медицины*. 2011; 10(5): 25–27. [Yudin V.E., Shchego'kov A.M., Klimko V.V., et al. Kompleksnaya meditsinskaya reabilitatsiya bol'nykh ishemicheskoy bolezni'yu serdtsa s sindromom obstruktivnogo apnoe-gipopnoe sna posle chreskozhnoy translyuminal'noy angioplastiki *Journal of Restorative Medicine and Rehabilitation*. 2011; 10(5): 25–27 (In Russ.).]
4. Ahmed N.M., Obaya H.E., Abd Elhadi A.A., et al. Effect of High-Intensity Focused Ultrasound on sleep quality measures in obese doubled chin women: a randomized controlled trial. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2025; 24(1): 47–54. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-47-54>
5. Арустамян И.Г. Консервативная терапия храпа и синдрома обструктивного апноэ сна в ринологии: Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Санкт-Петербург. 2017; 30 с. [Arustamyan I.G. Conservative therapy of snoring and obstructive sleep apnea syndrome in rhinology. *Diss. Candidate of Medical Sciences*. Saint Petersburg. 2017; 30 p. (In Russ.).]

6. Бузунов Р.В., Легейда И.В., Царева Е.В. Храп и синдром обструктивного апноэ у взрослых и детей. Практическое руководство для врачей. Москва. 2013; 124 с. [Buzunov R.V., Legeida I.V., Tsareva E.V. Snoring and obstructive sleep apnea syndrome in adults and children. A practical guide for physicians. Moscow. 2013; 124 p. (In Russ.).]
7. Lim J., Lasserson T.J., Fleetham J., Wright J.J. Oral appliances for obstructive sleep apnoea. Cochrane Database Syst Rev. 2009; (4): CD004435. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd004435.pub2>
8. Ferguson K.A., Cartwright R., Rogers R., Schmidt-Nowara W. Oral Appliances for Snoring and Obstructive Sleep Apnea: A Review. Sleep. 2006; 29(4): 244–262. <https://doi.org/10.1093/sleep/29.2.244>
9. Творогова А.В. Биологические эффекты спектральной фототерапии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Москва. 2008; 23 с. [Tvorogova A.V. Biological effects of spectral phototherapy. Diss. Candidate of biological sciences. Moscow. 2008; 23 p. (In Russ.).]

Перспективы применения нейроразвивающей терапии у детей с перинатальным поражением центральной нервной системы: обзор

 Хан М.А.^{1,2},  Костенко Е.В.^{1,3},  Микитченко Н.А.^{1,2,*},  Дегтярева М.Г.³,
 Шунгарова З.Х.²

¹ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

² Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

³ Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Значительная частота развития перинатального поражения (ПП) центральной нервной системы (ЦНС) и высокий риск его неблагоприятных исходов определяют актуальность медицинской реабилитации таких детей. Методы кинезиотерапии занимают ведущее место в системе реабилитационных мероприятий пациентов с ПП ЦНС. В последние годы неуклонно возрастает интерес к применению нейроразвивающей терапии по методу Бобат, направленной на коррекцию патологических двигательных стереотипов и формирование возрастных моторных навыков посредством сенсорной стимуляции проприорецепции.

ЦЕЛЬ. Изучить имеющиеся научные данные об эффективности применения Бобат-терапии в медицинской реабилитации детей, перенесших ПП ЦНС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Поиск научных работ проводился по базам данных PubMed, Cochrane Library, eLIBRARY.RU с 2015 по 2025 гг. Были использованы следующие ключевые слова: нейроразвивающая терапия (neurodevelopmental therapy), Бобат-терапия (Bobath therapy), перинатальное поражение ЦНС (perinatal brain injury, hypoxic-ischemic encephalopathy), ДЦП (cerebral palsy), дети (children).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В настоящее время Бобат-терапия является одной из наиболее часто используемых технологий в области нейрореабилитации. Представлены данные о ее положительном влиянии на мышечный тонус, функцию поддержания статического и динамического равновесия, двигательное развитие детей, проявление оральной моторной дисфункции, слюнотечение и функцию жевания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Данные литературы об эффективности применения Бобат-терапии у пациентов с ДЦП и ограниченное число работ, посвященных вопросам использования этого метода в медицинской реабилитации детей с ПП ЦНС на первом году жизни до формирования стойких двигательных нарушений, диктуют необходимость проведения дальнейших исследований в этом направлении.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нейроразвивающая терапия, Бобат-терапия, дети, перинатальное поражение центральной нервной системы, детский церебральный паралич, нейрореабилитация

Для цитирования / For citation: Хан М.А., Костенко Е.В., Микитченко Н.А., Дегтярева М.Г., Шунгарова З.Х. Перспективы применения нейроразвивающей терапии у детей с перинатальным поражением центральной нервной системы: обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):102–112. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-102-112> [Khan M.A., Kostenko E.V., Mikitchenko N.A., Degtyareva M.G., Shungarova Z.H. Outlook for the Use of Neurodevelopmental Therapy in Children with Perinatal Central Nervous System Damage: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):102–112. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-102-112> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Микитченко Наталья Анатольевна, E-mail: mikitchenko_nata@mail.ru, 6057016@mail.ru

Статья получена: 05.03.2024
Статья принята к печати: 02.04.2025
Статья опубликована: 16.06.2025

Outlook for the Use of Neurodevelopmental Therapy in Children with Perinatal Central Nervous System Damage: a Review

 **Maya A. Khan**^{1,2},  **Elena V. Kostenko**^{1,3},  **Natalya A. Mikitchenko**^{1,2,*},
 **Maria G. Degtyareva**³,  **Zareta Kh. Shungarova**²

¹ S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

² Filatov Children's City Clinical Hospital, Moscow, Russia

³ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The significant incidence of perinatal damage to the central nervous system (CNS) and the high risk of its adverse outcomes determine the relevance of medical rehabilitation of such children. Kinesiotherapy methods, being the most physiological and gentle, take a leading place in the system of rehabilitation measures for patients with perinatal damage to the CNS. In recent years, there has been renewed interest in the use of Bobath neurodevelopmental therapy, aimed at correcting pathological motor stereotypes and the formation of age-related motor skills through sensory stimulation of proprioception.

AIM. To analyze the scientific data of the last ten years on the use of Bobath-therapy in the medical rehabilitation of children with perinatal damage to the CNS.

MATERIALS AND METHODS. The search for scientific research was conducted in PubMed, Cochrane Library, and eLIBRARY.RU databases for the period from 2015 to 2025. The following keywords were used: "neurodevelopmental therapy", Bobath-therapy, "perinatal nervous system injury", "hypoxic-ischemic encephalopathy", "cerebral palsy", "children".

RESULTS AND DISCUSSION. Bobath-therapy is widely used in practical healthcare, being one of the most frequently used technologies in the field of neurorehabilitation. The data on the positive effect of neurodevelopmental therapy using the Bobath method on muscle tone, the function of maintaining static and dynamic balance, and the motor development of children are presented. There was a decrease in the manifestations of oral motor dysfunction, salivation, and improved chewing when using this method.

CONCLUSION. Literature data on the effectiveness of Bobath-therapy in patients with cerebral palsy and a limited number of studies on use of this method in the medical rehabilitation of children with perinatal nervous system damage indicate the need for further research in this direction.

KEYWORDS: neurodevelopmental therapy, Bobath-therapy, children, perinatal nervous system injury, cerebral palsy, neurorehabilitation

For citation: Khan M.A., Kostenko E.V., Mikitchenko N.A., Degtyareva M.G., Shungarova Z.H. Outlook for the Use of Neurodevelopmental Therapy in Children with Perinatal Central Nervous System Damage: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):102–112. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-102-112> (In Russ.).

* **For correspondence:** Natalya A. Mikitchenko, E-mail: mikitchenko_nata@mail.ru, 6057016@mail.ru

Received: 05.03.2024

Accepted: 02.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Переход на новые критерии регистрации живорождения и совершенствование перинатальных технологий определили снижение летальности новорожденных, что характеризуется уменьшением коэффициента младенческой смертности более чем в 3 раза за последние 20 лет. Вместе с тем отмеченные тенденции сопровождаются увеличением числа недоношенных детей [1]. Известно, что недоношенность относится к ведущим факторам роста распространенности перинатального поражения (ПП) центральной нервной системы (ЦНС) [2–5]. Так, по данным отечественных специалистов частота перинатальных гипоксически-ишемических поражений ЦНС у детей, рожденных раньше срока, достигает 80 %, в то время как у доношенных детей отмечается в 45% наблюдений [6, 7].

Структурные повреждения, формирующиеся при перинатальном гипоксически-ишемическом поражении ЦНС средней и тяжелой степени, зачастую сопровождаются задержкой психомоторного развития различной

степени выраженности и способны привести к возникновению тяжелой неврологической патологии с формированием стойких ограничений жизнедеятельности [3, 6, 8]. Анализ эпидемиологических данных показал, что последствия ПП ЦНС составляют 60–80 % случаев инвалидности по причине патологии нервной системы [2, 9, 10]. При этом наиболее частыми инвалидизирующими заболеваниями, формирующимися в исходе ПП ЦНС, являются детский церебральный паралич (ДЦП) и эпилепсия, которые становятся причинами двигательных, психических и когнитивных нарушений [2, 11–14].

Высокая распространенность и значительный риск развития неблагоприятных исходов ПП ЦНС определяют актуальность разработки и научного обоснования технологий медицинской реабилитации таких пациентов.

Известно, что последовательность периодов моторного развития ребенка на первом году жизни отражает процессы структурного и функционального созревания нервной системы, являясь основой для развития речи, когнитивных функций и социализации ребенка [15]. Ряд

дом исследований выявлена взаимосвязь показателей двигательного развития в младенческом возрасте с неврологическими, поведенческими, а также когнитивными функциями в дошкольном и школьном возрасте, что указывает на важность своевременной коррекции двигательных нарушений у детей [16–20].

Анатомо-физиологические особенности детей раннего возраста, в том числе недоношенных, определяют приоритетность применения немедикаментозных технологий в медицинской реабилитации пациентов с ПП ЦНС, в первую очередь методов кинезиотерапии, являющихся наиболее физиологичными [21–23].

Перспективным направлением медицинской реабилитации таких пациентов является внедрение нейро-развивающих технологий, к числу которых относится Бобат-терапия. Метод направлен на подавление тонической рефлекторной активности, коррекцию патологических двигательных стереотипов и формирование возрастных моторных навыков за счет сенсорной стимуляции проприорецепции. Приемы Бобат-терапии повторяют онтогенетические периоды возникновения двигательных элементов (удержание головы, переворачивание, сидение, ползание, стояние и ходьба), что определяет строгую последовательность их использования [24–27]. Эффекты Бобат-терапии реализуются посредством базовых принципов терапевтического воздействия: ингибиции, способствующей подавлению патологических движений, положений тела и рефлексов, которые препятствуют развитию нормальных движений; фасилитации, направленной на обучение приобретению правильных двигательных навыков, и стимуляции, позволяющей улучшить ощущение ребенком тела в пространстве.

По современным литературным данным, Бобат-терапия получила достаточно широкое распространение в практическом здравоохранении за рубежом и находит все более широкое применение на территории Российской Федерации. Эту кинезиотерапевтическую

методику применяют от 39 % до 81 % врачей Великобритании, от 18 % до 60 % в Канаде, от 7 до 54 % в Норвегии, от 8 до 33 % в Австралии, и она входит в стандарт оказания медицинской помощи в Корее [28].

ЦЕЛЬ

Изучение имеющихся научных данных об эффективности применении Бобат-терапии в медицинской реабилитации детей, перенесших ПП ЦНС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методология поиска источников

Проведен комплексный поиск публикаций в базах данных PubMed, Cochrane Library, eLIBRARY.RU с 2015 по 2025 гг.

Поиск проводился с использованием трех элементов, связанных оператором AND. Первый элемент включал понятия, обозначающие метод реабилитации (нейроразвивающая терапия — neurodevelopmental therapy) как в полной, так и сокращенной форме (NDT), связанных оператором OR (например: Бобат-терапия / Bobath-therapy, метод Бобат / Bobath method). Второй элемент включал понятия, обозначающие ПП ЦНС и его последствия (perinatal brain injury, perinatal brain damage, hypoxic-ischemic encephalopathy, cerebral palsy). Третий элемент включал понятия, отражающие возраст пациентов (children, infants).

Согласно заданным параметрам поиска, найдено 166 источников. После исключения дубликатов, исследований без результатов и нерелевантных работ в анализ было включено 10 источников. Методика отбора исследований представлена на рисунке 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Углубленный анализ литературных данных позволил выявить наиболее широкое применение нейро-развивающей кинезиотерапии по методу Бобат в медицинской реабилитации детей с уже установленным

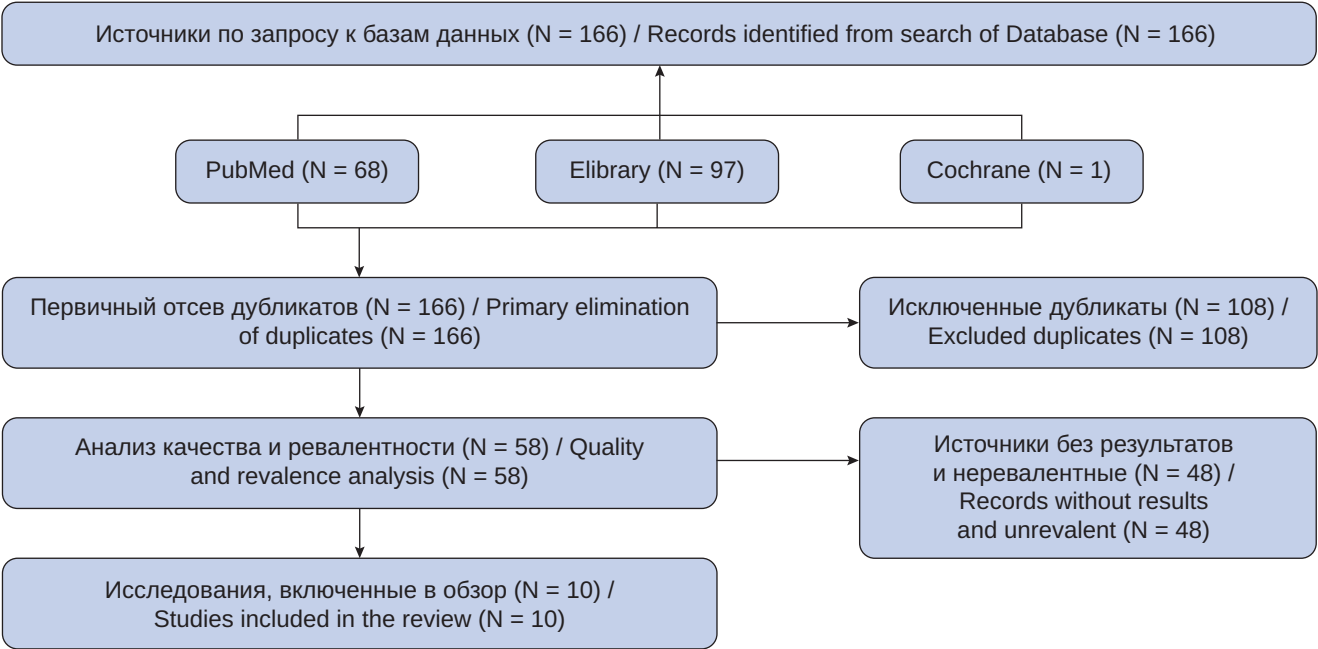


Рис. 1. Блок-схема исследования
Fig. 1. Block diagram of the study

диагнозом ДЦП). В таблице 1 представлены научные исследования по изучению применения Бобат-терапии у детей. В соответствии с общепринятым международным определением ДЦП представляет собой гетерогенную группу стабильных нарушений моторного развития и контроля позы, обусловленных непрогрессирующим повреждением головного мозга у плода или новорожденного ребенка.

В мировой литературе представлены данные о положительном влиянии нейроразвивающей терапии (методика Бобат) на показатели двигательного развития и функциональной независимости за счет улучшения постурального контроля и баланса у детей с ДЦП. Наблюдения, проведенные в когорте детей в возрасте от 5 до 15 лет с ДЦП (оценка GMFCS I–III), показали улучшение двигательных функций у этих пациентов после 8-недельного курса Бобат-терапии, что подтверждалось статистически значимым приростом показателей шкалы GMFM-88 с $92,2 \pm 6,21$ до $96,53 \pm 3,68$ баллов ($p = 0,0001$) и улучшением функции удержания равновесия по данным детской шкалы баланса (Pediatric Balance Scale) с $47,2 \pm 9,65$ до $52,33 \pm 5,20$ баллов ($p = 0,001$). Полученные результаты способствовали повышению функциональной независимости у этих детей с $112,1 \pm 13,34$ до $118,3 \pm 9,03$ баллов ($p = 0,001$) [29].

Ранее опубликованными исследованиями выявлено улучшение постурального контроля под влиянием кинезиотерапии по методу Бобат [29, 30].

Отечественными специалистами показано благоприятное влияние Бобат-терапии на мышечный тонус, что сопровождалось увеличением амплитуды движений в суставах при гемиплегической форме ДЦП, достигнутым за счет уменьшения спастичности. Так, в локтевом суставе на стороне поражения угол разгибания увеличился на 5,1 % ($p < 0,05$), угол сгибания — на 16,2 % ($p < 0,05$), в коленном суставе — на 6,5 % ($p < 0,05$) и 15,2 % ($p < 0,05$) соответственно. Выявлен прирост показателей теста на тонкую моторику (на 13 %; $p < 0,05$) [31].

Сходные результаты, свидетельствующие о более выраженном уменьшении спастичности мышц у пациентов с ДЦП (GMFCS I–III) в возрасте от 3 до 15 лет под влиянием нейроразвивающей терапии в сравнении с контрольной группой (без включения Бобат-терапии), были получены в зарубежном рандомизированном контролируемом исследовании, что подтверждалось более выраженным снижением показателей модифицированной шкалы Эшворта (MAS) в основной группе с $3,00 \pm 0,73$ до $2,50 \pm 0,51$ баллов ($p < 0,002$) против уменьшения с $3,00 \pm 0,73$ до $2,90 \pm 0,64$ баллов ($p = 0,157$) в группе контроля. Статистическая значимость различий между группами составила $p = 0,04$; $Z = -1,99$) [32]. Авторы представили данные о более выраженном влиянии Бобат-терапии на функцию поддержания статического и динамического равновесия по сравнению с реабилитационными мероприятиями без включения нейроразвивающей терапии (на основании шкалы баланса Берга; статистическая значимость различий между группами составила $p = 0,03$; $Z = -2,076$) [32].

В современной литературе представлены исследования о возможности и эффективности применения Бобат-терапии у пациентов с более тяжелыми формами ДЦП (GMFCS V) для коррекции орально-моторной дисфункции, улучшения жевания, уменьшения слюнотече-

ния. Авторы выявили статистически значимую корреляционную связь повышенного тонуса задней малой прямой мышцы головы ($p = 0,027$), височной мышцы ($p = 0,048$) и лестничных мышц ($p = 0,024$) с повышенным слюнотечением. После курса нейроразвивающей терапии и выравнивания мышечного тонуса число пациентов с повышенным слюнотечением уменьшилось с 63,16 % до 38,89 %, регистрировалось повышение комфорта и эффективности кормления у большинства таких пациентов. В работе отмечено влияние Бобат-терапии на поддержание баланса в постуральных мышцах, особенно в тех, которые способствуют контролю положения головы у детей с тяжелыми формами ДЦП [33].

В другом исследовании специалистами выявлено улучшение функции глотания и оральной моторики при применении Бобат-терапии у пациентов с ДЦП по данным шкалы SOMA (Schedule for Oral Motor Assessment), что позволило облегчить процесс кормления таких пациентов [34].

Известно, что повреждения ЦНС, детерминирующие развитие ДЦП, возникают еще в перинатальный период, однако заболевание зачастую не диагностируется до 18–24 месяцев [35, 36]. Вместе с тем именно на первом году жизни происходит интенсивное созревание и перестройка важнейших функциональных систем, что определяет снижение частоты неблагоприятных исходов ПП ЦНС при раннем начале реабилитационных мероприятий [37–39].

Представленные данные об улучшении показателей моторного развития, мышечного тонуса и постурального баланса в ответ на проведение нейроразвивающей терапии по методу Бобат определяют перспективность применения этой методики в медицинской реабилитации детей с последствиями ПП ЦНС в более ранние сроки для предотвращения или уменьшения степени выраженности стойких двигательных нарушений. Однако в современной литературе представлены лишь единичные публикации, посвященные данной проблеме.

Исследования, проведенные отечественными специалистами, показали, что методика Бобат оказывает благоприятное воздействие на общую и мелкую моторику у детей первого года жизни, перенесших перинатальное поражение ЦНС. Пациенты, получившие курс Бобат-терапии, демонстрировали более быстрое освоение навыков самообслуживания, развитие постурального контроля, умение переворачиваться, ползать, садиться и вставать на ноги по сравнению с детьми, получавшими традиционную лечебную физкультуру. Авторы отмечают положительное влияние кинезиотерапии по методу Бобат на развитие речевой функции и формирование социальных навыков у таких пациентов [38].

В работе Parau D., опубликованной в 2023 г., проведен сравнительный анализ эффективности применения Бобат- и Войта-терапии у детей первого года жизни, имеющих двигательные нарушения. Представленные данные указывают на отсутствие статистически значимых различий по средним показателям времени восстановления двигательных функций между группами детей, получавших Бобат- (5,11 $\pm$ 1,19 месяцев) и Войта-терапию (5,02 $\pm$ 1,13 месяцев). Вместе с тем сочетанное применение этих методов позволило статистически значимо сократить сроки полной коррекции двигательного дефицита до 3,97 $\pm$ 0,77 месяцев ($p < 0,0001$).

Таблица 1. Научные исследования по изучению применения Бобат-терапии у детей
Table 1. Scientific studies on the use of Bobath-therapy in children

Характеристики включенных исследований / Characteristics of the included studies				
Исследование / Research	Тип исследования / Type of research	Участники исследования / Study participants	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Tekin F. et al. (2018) [29]	Обсервационное исследование / Observational study	15 детей в возрасте от 5 до 15 лет с ДЦП / 15 children aged 5 to 15 with CP	Бобат-терапия курсом 8 недель / Bobat therapy course of 8 weeks	Улучшение двигательных функций ($p = 0,0001$); функций удержания равновесия ($p = 0,001$), повышение функциональной независимости ($p = 0,001$) / Improved motor function ($p = 0.0001$); balance control function ($p = 0.001$), increased functional independence ($p = 0.001$)
Kavlak E. et al. (2018) [30]	Обсервационное исследование / Observational study	15 детей в возрасте до 14 лет с ДЦП / 15 children under the age of 14 with CP	Бобат-терапия. Воздействие в течение 60 минут 2 раза в неделю / Bobat therapy. Exposure for 60 minutes 2 times a week	Улучшение скорости ходьбы ($p = 0,001$), функционального равновесия ($p = 0,001$), выполнения повседневных функций и самообслуживания ($p = 0,001$), повышение оценки глобальных моторных функций (блок D, $p = 0,0001$ и блок E, $p = 0,0001$) / Improved walking speed ($p = 0.001$), functional balance ($p = 0.001$), performance of daily functions and self-care ($p = 0.001$), increased assessment of global motor functions (block D, $p = 0.0001$ and block E, $p = 0.0001$)
Хомякова О.В. и соавт (2020) [31]	Обсервационное исследование / Observational study	10 детей в возрасте 10–12 лет с диагнозом гемиплегической формы ДЦП / 10 children aged 10–12 years diagnosed with hemiplegic CP	Бобат-терапия (в комплексе с лечебной гимнастикой и массажем). Воздействие в течение 45 минут 3 раза в неделю / Bobat therapy (combined with therapeutic gymnastics and massage). Exposure for 45 minutes 3 times a week	Увеличение амплитуды движений в суставах, уменьшение спастичности, улучшение мелкой моторики / Increased range of motion in joints, decreased spasticity, improved fine motor skills
Ari G. et al. (2015) [32]	РКИ / RCT	40 детей с ДЦП в возрасте от 3 до 15 лет / 40 children aged 3 to 15 with CP	Бобат-терапия. Воздействие в течение 45 минут 2 раза в неделю в течение 6 недель / Bobat therapy. Exposure for 45 minutes twice a week for 6 weeks	Уменьшение спастичности мышц, улучшение поддержания статического и динамического равновесия, силы мышц туловища / Reduction of muscle spasticity, improvement of static and dynamic balance and trunk muscle strength
Szuflak K. et al. (2023) [33]	Обсервационное исследование / Observational study	19 детей в возрасте от 1 до 14 лет с ДЦП / 19 children aged 1 to 14 years with CP	Бобат-терапия. Воздействие 2 раза в неделю в течение 3 месяцев / Bobat therapy. Exposure 2 times a week for 3 months	Коррекция орально-моторной дисфункции, улучшение жевания, уменьшение слюнотечения, повышение комфорта и эффективности кормления, улучшение контроля положения головы / Correction of oral-motor dysfunction, improvement of chewing, reduction of salivation, improvement of comfort and efficiency of feeding, improvement of head position control

Продолжение таблицы 1 / Table 1 Continued

Характеристики включенных исследований / Characteristics of the included studies				
Исследование / Research	Тип исследования / Type of research	Участники исследования / Study participants	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Acar G. et al. (2021) [34]	РКИ / RCT	40 детей с ДЦП в возрасте 3.25 ± 0.927 лет / 40 children aged 3.25 ± 0.927 y with CP	Бобат-терапия (в комплексе с оральной сенсоромоторной терапией и обучением родителей кормлению). Воздействие в течение 45 минут 2 раза в неделю в течение 6 недель / Bobat therapy (combined with oral sensorimotor therapy and parental feeding training). Exposure for 45 minutes twice a week for 6 weeks	Улучшение контроля туловища и позы, функции глотания, оральной моторики. Более выраженное улучшение в основной группе по показателям: шкала нарушений координации корпуса ($p = 0.001$); статистический баланс ($p = 0.002$); шкала для оценки формирования орально-моторных навыков ($p = 0.01$) / Improvement of body control and posture, swallowing function, oral motility. A more pronounced improvement in the main group in terms of indicators: Trunk Impairment Scale ($p = 0.001$); static sitting balance ($p = 0.002$); Schedule for Oral Motor Assessment ($p = 0.01$)
		10 детей в возрасте 6–12 месяцев с перинатальным поражением центральной нервной системы / 10 children aged 6–12 months with perinatal damage to the central nervous system	Бобат-терапия. Воздействие в течение 40 минут 3 раза в неделю 2 месяца / Bobat therapy. Exposure for 40 minutes 3 times a week 2 months	Более быстрое освоение навыков самообслуживания, развитие постурального контроля, возрастных навыков (перевороты, ползание, сидение, вставание). Улучшение речевой функции / Faster acquisition of self-service skills, development of postural control, age-related skills (flips, crawling, sitting, getting up). Improvement of speech function
Parau D. et al. (2023) [27]	РКИ / RCT	108 детей с задержкой нервно-рефлекторно-двигательного развития / 108 children with delayed neuromuscular reflex development	Бобат-терапия. Воздействие в течение 30 минут 7 месяцев / Bobat therapy. Exposure for 30 minutes 7 months	Полное восстановление двигательных функций в течение 5,11 ± 1,19 месяцев у всех детей. Более выраженное улучшение моторных функций при исходно повышенном мышечном тонусе / Complete recovery of motor functions within 5.11 ± 1.19 months in all children. A more pronounced improvement in motor functions with initial muscle hypertension
			Войта-терапия. Воздействие в течение 30 минут 7 месяцев / Voita therapy. Exposure for 30 minutes, 7 months	Полное восстановление двигательных функций в течение 5,02 ± 1,13 месяцев у всех детей. Более выраженное улучшение моторных функций при исходно сниженном мышечном тонусе / Complete recovery of motor functions within 5.02 ± 1.13 months in all children. A more pronounced improvement in motor functions with initial muscle hypotension
			Сочетанное применение Бобат- и Войта-терапии. Воздействие в течение 40 минут 7 месяцев / Combined use of Bobat and Voita therapy. Exposure for 40 minutes 7 months	Полное восстановление двигательных функций в течение 3,97 ± 0,77 месяцев у всех детей / Complete recovery of motor functions within 3.97 ± 0.77 months in all children

Окончание таблицы 1 / Table 1 End

Характеристики включенных исследований / Characteristics of the included studies				
Исследование / Research	Тип исследования / Type of research	Участники исследования / Study participants	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Kałucka A.M. et al. (2022) [45]	Обсервационное исследование / Observational study	42 недоношенных ребенка в возрасте от 1 до 14 месяцев / 42 premature babies aged 1 to 14 months	Бобат-терапия, Войта-терапия, массаж, занятия в бассейне / Bobat therapy, Voita therapy, massage, pool classes	Медицинская реабилитация у недоношенных детей наиболее часто проводилась для коррекции задержки психомоторного развития, в 74 % — Бобат-терапия / Medical rehabilitation in premature infants was most often carried out to correct delayed psychomotor development, in 74% — of cases, Bobat therapy
		78 детей в возрасте от 1 до 9 месяцев, рожденных на сроке 34–36 недель с задержкой моторного развития / 78 children aged 1 to 9 months born at 34–36 weeks with delayed motor development	Бобат-терапия в течение 30 минут 3 раза в неделю / Bobat therapy for 30 minutes 3 times a week	К возрасту 9 месяцев у 25 % детей основной группы показатели двигательного развития нормализовались и достигли уровня, характерного для здоровых доношенных детей (в контрольной группе — 7,14 %) / By the age of 9 months, 25 % of the children in the main group had normalized their motor development and reached the level typical for healthy full — term infants (7,14 % — in the control group).
Parau D. et al. (2024) [46]	Обсервационное исследование / Observational study			

Примечание: РКИ — рандомизированное клиническое исследование; ДЦП — детский церебральный паралич.
Note: RCT — randomized clinical trial; CP — cerebral palsy.

Авторами отмечено более выраженное благоприятное влияние Бобат-терапии на показатели моторного развития у пациентов при исходном гипертонусе и Войта-терапии — у детей, исходно имевших гипотонию [27].

Особого внимания заслуживают вопросы медицинской реабилитации недоношенных детей, что связано с более высоким риском формирования тяжелых инвалидирующих заболеваний в исходе ПП ЦНС у таких пациентов [40–42]. В публикациях последних лет подчеркивается важность начала реабилитационных мероприятий у недоношенных детей в наиболее ранние сроки даже при отсутствии повреждений головного мозга или очевидных задержек психомоторного развития [43, 44].

По данным Kałuska A.M. в 2022 г., Бобат-терапия является наиболее часто используемым в педиатрической практике методом коррекции двигательных нарушений у недоношенных детей. Проведенный анализ показал, что эта методика была применена в 74 % случаев [45]. Несмотря на широкое практическое использование нейроразвивающей терапии, в литературе представлены единичные исследования по изучению эффективности ее применения у недоношенных детей. Так, проспективным пилотным исследованием, проведенным у 78 детей в возрасте от 1 до 9 месяцев, рожденных на сроке 34–36 недель гестации и имевших задержку моторного развития, показано, что раннее включение Бобат-терапии у таких пациентов позволяет приблизить показатели их моторного развития к таковым у доношенных детей. Согласно представленным данным, к возрасту 9 месяцев у 25 % недоношенных детей, получавших кинезиотерапию по методике Бобат, показатели двигательного развития нормализовались и достигли

уровня, характерного для здоровых доношенных детей, против 7,14 % в группе контроля [46].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный анализ литературных данных убедительно демонстрирует, что Бобат-терапия обоснованно получила широкое применение в практическом здравоохранении, являясь наиболее часто используемой технологией в области нейрореабилитации.

Установлено благоприятное влияние Бобат-терапии, характеризующееся уменьшением спастичности, мышечный тонус, показатели моторного развития, функцию поддержания статического и динамического равновесия. Доказан вклад представленной технологии в уменьшение проявлений оральной моторной дисфункции, слюнотечения, улучшение жевания.

Наиболее изученным аспектом применения Бобат-терапии в педиатрической практике является ее использование в медицинской реабилитации детей с ДЦП.

Вместе с тем данные о снижении частоты неблагоприятных исходов ПП ЦНС и уменьшении степени выраженности двигательных нарушений при раннем начале реабилитационных мероприятий определяют актуальность дальнейшего изучения эффективности применения Бобат-терапии в медицинской реабилитации детей с ПП ЦНС, в том числе недоношенных детей. Другим перспективным направлением исследований является разработка и научное обоснование сочетанных с Бобат-терапией технологий физической реабилитации, что позволит повысить эффективность реабилитационных мероприятий.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Хан Майя Алексеевна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий Центром медицинской реабилитации, Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы; заведующий отделом медицинской реабилитации детей и подростков, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1081-1726>

Костенко Елена Владимировна, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы; невролог, профессор кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0629-9659>

Микитченко Наталья Анатольевна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела медицинской реабилитации детей и подростков, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы; физиотерапевт Центра медицинской реабилитации, Детская

городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы.

E-mail: mikitchenko_nata@mail.ru, 6057016@mail.ru;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9886-3810>

Дегтярева Мария Григорьевна, доктор медицинских наук, профессор Российской академии наук; профессор кафедры неонатологии факультета дополнительного профессионального образования, Институт непрерывного образования и профессионального развития, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России; невролог, Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1118-7304>

Шунгарова Зарета Хасановна, кандидат медицинских наук, заведующий кабинетом восстановительного лечения и катamnестического наблюдения детей до 3 лет жизни, Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3348-2611>

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: Хан М.А. — ру-

ководство проектом, методология, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Костенко Е.В. — руководство проектом, методология, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Микитченко Н.А. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Дегтярева М.Г. — проверка и редактирование рукописи; Шунгарова З.Х. — проверка и редактирование рукописи.

Источники финансирования. Данное исследование выполнено в соответствии с Государственным заданием Де-

партаменту здравоохранения города Москвы, регистрационный номер № 123041200082–5.

Конфликт интересов. Хан М.А. — член редакционной коллегии журнала «Вестник восстановительной медицины», Костенко Е.В. — член редакционной коллегии журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Maya A. Khan, D.Sc. (Med.), Professor, Head of the Medical Rehabilitation Center, Filatov Children's City Clinical Hospital, Head of the Department of Medical Rehabilitation of Children and Adolescents, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for research and practice in medical rehabilitation, restorative and sports medicine of Moscow Healthcare Department.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1081-1726>

Elena V. Kostenko, D.Sc. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific Work, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department; Neurologist, Professor at the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Pirogov Russian National Research Medical University.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0629-9659>

Natalya A. Mikitchenko, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Department of Medical Rehabilitation of Children and Adolescents, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department; Physiotherapist, Medical Rehabilitation Center, Filatov Children's City Clinical Hospital.

E-mail: mikitchenko_nata@mail.ru, 6057016@mail.ru;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9886-3810>

Maria G. Degtyareva, D.Sc. (Med.), Professor of Russian Academy of Sciences, Professor, Department of Neonatology, Faculty of Continuing Professional Education, Institute of Continuing Education and Professional Development, Pirogov

Russian National Research Medical University; Neurologist, Filatov Children's City Clinical Hospital.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1118-7304>

Zareta Kh. Shungarova, Ph.D. (Med.), Head of the Department of Rehabilitation Treatment and Dispensary Care for Children under 3 Years Old, Filatov Children's City Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3348-2611>

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: Khan M.A. — project administration; methodology; writing — review & editing; Kostenko E.V. — project administration; methodology; writing — review & editing; Mikitchenko N.A. — writing — original draft; writing — review & editing; Degtyareva M.G. — writing — review & editing; Shungarova Z.Kh. — writing — review & editing.

Funding. This study was performed in accordance with the State Assignment of the Moscow City Department of Health, registration number No. 123041200082-5.

Disclosure. Khan M.A. — Member of Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal, Kostenko E.V. — Member of Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal. The other authors state that there is no conflict of interest.

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

Список литературы / References

1. Киртбая А.Р., Ляпин В.М., Епифанцева А.А. и др. Патоморфологические особенности поражений головного мозга в зависимости от гестационного возраста. Неонатология: новости, мнения, обучение. 2022; 10(1): 16–22. <https://doi.org/10.33029/2308-2402-2022-10-1-16-22> [Kirtbaya A.R., Lyapin V.M., Epifantseva A.A., et al. Pathomorphological features of brain lesions depending on gestational age. Neonatology: news, opinions, training. 2022; 10(1): 16–22. <https://doi.org/10.33029/2308-2402-2022-10-1-16-22> (In Russ.).]
2. Шумилов П.В., Мазманыан П.А., Саркисян Е.А., Никогосян К.В. Особенности психомоторного развития недоношенных новорожденных с очень низкой и экстремально низкой массой тела при рождении к двухлетнему скорректированному возрасту. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2022. 67(3): 54–60. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2022-67-3-54-60> [Shumilov P.V., Mazmanyan P.A., Sarkisyan E.A., Nikoghosyan K.V. Features of the psychomotor development of premature newborns with very low and extremely low birth weight by the age of two. Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics. 2022. 67(3): 54–60. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2022-67-3-54-60> (In Russ.).]
3. Яковлева Т.В., Зелинская Д.И., Туренко О.Ю. Управление детской инвалидностью: медицинские аспекты. Национальное здравоохранение. 2022; 3(1): 5–14. <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2022.3.1.5-14> [Yakovleva T.V., Zelinskaya D.I., Turenko O.Y. Management of children's disability: medical aspects. National healthcare. 2022; 3(1): 5–14. <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2022.3.1.5-14> (In Russ.).]
4. Заваденко Н.Н., Давыдова Л.А., Заваденко А.Н., Нестеровский Ю.Е. Нарушения неврологического развития детей, рожденных недоношенными. Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2023; 102(1): 89–98. <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2023-102-1-89-97> [Zavadenko N.N., Davydova L.A., Zavadenko A.N., Nesterovskiy Yu.E. Disorders of neurological development of children born prematurely. Pediatrics. The G.N. Speransky Journal. 2023; 102(1): 89–98. <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2023-102-1-89-97> (In Russ.).]
5. Finch-Edmondson M., Morgan C., Hunt R.W., Novak I. Emergent Prophylactic, Reparative and Restorative Brain Interventions for Infants Born Preterm with Cerebral Palsy. Front. Physiol. 2019; 10: 15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00015>
6. Блинов Д.В. Перинатальное поражение мозга: актуальные вопросы эпидемиологии и подходы к классификации. Акушерство, гинекология и репродукция. 2016; 4: 84–93. [Blinov D.V. Perinatal brain damage: current issues of epidemiology and approaches to classification. Obstetrics, gynecology, and reproduction. 2016; 4: 84–93 (In Russ.).]

7. Глухов, Б.М., Байдарбекова А.К. Исходы заболевания и реабилитационный потенциал у детей с внутрижелудочковыми кровоизлияниями перинатального периода. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2021; 121(4): 19–24. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112104119> [Glukhov B.M., Aidarbekova A.K. Disease outcomes and rehabilitation potential in children with intraventricular hemorrhages of the perinatal period. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2021; 121(4): 19–24. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112104119> (In Russ.).]
8. Vo Van P., Alison M., Morel B., et al. Advanced Brain Imaging in Preterm Infants: A Narrative Review of Microstructural and Connectomic Disruption. *Children*. 2022; 9: 356. <https://doi.org/10.3390/children9030356>
9. Крутикова Н.Ю., Давыденкова А.С., Жевнова Е.В., Жевнов Д.И. Комплексная оценка состояния здоровья детей, перенесших перинатальное поражение нервной системы. Смоленский медицинский альманах. 2018; 1: 177–179. [Krutikova N.Yu., Davydenkova A.S., Zhevnova E.V., Zhevnov D.I. Comprehensive assessment of the health status of children who have suffered perinatal damage to the nervous system. Smolensk Medical Almanac. 2018; 1: 177–179 (In Russ.).]
10. Батышева Т.Т., Быкова О.В., Платонова А.Н. и др. Перинатальные факторы риска детской неврологической инвалидности и способы их коррекции. Фарматека. 2014; 1: 81–86 [Batysheva T.T., Bykova O.V., Platonova A.N., et al. Perinatal risk factors for childhood neurological disability and ways to correct them. Pharmaceutical library. 2014; 1: 81–86 (In Russ.).]
11. Богомолова И.К., Шильникова Т.Н. Современные клиничко-патогенетические аспекты, диагностика и лечение детского церебрального паралича. Забайкальский медицинский вестник. 2023; 3: 68–79. https://doi.org/10.52485/19986173_2023_3_68 [Bogomolova I.K., Shilnikova T.N. Modern clinical and pathogenetic aspects, diagnosis and treatment of cerebral palsy in children. Zabaikalsky Medical Bulletin. 2023; 3: 68–79. https://doi.org/10.52485/19986173_2023_3_68 (In Russ.).]
12. Колесникова Е.В., Вышлова И.А., Карпов С.М., Соболева О.А. Детский церебральный паралич: современное состояние проблемы (обзор литературы). Русский журнал детской неврологии. 2024; 19(4): 20–28. <https://doi.org/10.17650/2073-8803-2024-19-4-20-28> [Kolesnikova E.V., Vyshlova I.A., Karpov S.M., Soboleva O.A. Cerebral palsy in children: current state of the problem (literature review). Russian Journal of Pediatric Neurology. 2024; 19(4): 20–28. <https://doi.org/10.17650/2073-8803-2024-19-4-20-28> (In Russ.).]
13. Сороковикова Т.В., Морозов А.М., Алексанян К.А. и др. Эпилептические приступы, обусловленные гипоксически-ишемическим поражением ЦНС. Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2024; 17.1(168): 111–119. <https://doi.org/10.33920/med-01-2401-11> [Sorokovikova T.V., Morozov A.M., Aleksanyan K.A. et al. Epileptic seizures caused by hypoxic-ischemic damage to the central nervous system. Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery. 2024; 17.1(168): 111–119. <https://doi.org/10.33920/med-01-2401-11> (In Russ.).]
14. Кleshchenko E.I., Shimchenko E.V. Особенности психомоторного развития детей с различными исходами перинатального гипоксического поражения головного мозга. Кубанский научный медицинский вестник. 2019; 26(3): 48–54. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-3-48-54> [Kleshchenko E.I., Shimchenko E.V. Features of psychomotor development of children with different outcomes of perinatal hypoxic brain damage. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2019; 26(3): 48–54. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-3-48-54> (In Russ.).]
15. Петрухин А.С., Созаева Н.С. Развитие двигательных функций у здоровых детей первого года жизни. Русский журнал детской неврологии. 2008; 4: 16–25 [Petrukhin A.C., Sozaeva H.S. Development of motor functions in healthy children of the first year of life" Russian Journal of Pediatric Neurology. 2008; 4:16–25 (In Russ.).]
16. Heineman K.R., Schendelaar P., Van den Heuvel E.R., Hadders-Algra M. Motor development in infancy is related to cognitive function at 4 years of age. *Dev Med Child Neurol*. 2018; 60(11): 1149–1155. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13761>
17. Wu Y.C., Heineman K.R., La Bastide-Van Gemert S., et al. Motor behaviour in infancy is associated with neurological, cognitive, and behavioural function of children born to parents with reduced fertility. *Dev Med Child Neurol*. 2020; 62(9): 1089–1095. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14520>
18. Rees P., Callan C., Chadda K., et al. School-age outcomes of children after perinatal brain injury: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Paediatr Open*. 2023; 7(1): e001810. <https://doi.org/10.1136/bmjpo-2022-001810>
19. Rees P., Callan C., Chadda K.R., et al. Preterm Brain Injury and Neurodevelopmental Outcomes: A Meta-analysis. *Pediatrics*. 2022; 150(6): e2022057442. <https://doi.org/10.1542/peds.2022-057442>
20. Mwaniki M.K., Atieno M., Lawn J.E., Newton C.R. Long-term neurodevelopmental outcomes after intrauterine and neonatal insults: a systematic review. *Lancet*. 2012; 379(9814): 445–452. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61577-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61577-8)
21. Хан М.А., Дегтярева М.Г., Иванова И.И. Методы кинезитерапии в медицинской реабилитации детей с перинатальным поражением центральной нервной системы Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2022; 21(1): 73–80. <https://doi.org/10.17816/rjpbr107458> [Khan M.A., Degtyareva M.G., Ivanova I.I. Methods of kinesitherapy in medical rehabilitation of children with perinatal central nervous system damage Physiotherapy, balneology and rehabilitation. 2022; 21(1): 73–80. <https://doi.org/10.17816/rjpbr107458> (In Russ.).]
22. Хан М.А., Чубарова А.И., Дегтярева М.Г. Современные нелекарственные технологии медицинской реабилитации детей с последствиями перинатального поражения центральной нервной системы. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020; 97(6): 50–58. <https://doi.org/10.17116/kurort20209706150> [Khan M.A., Chubarova A.I., Degtyareva M.G. Modern non-medicinal technologies of medical rehabilitation of children with the consequences of perinatal damage to the central nervous system. Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical education. 2020; 97(6): 50–58. <https://doi.org/10.17116/kurort20209706150> (In Russ.).]
23. Хан М.А., Прикул В.Ф., Микитченко Н.А. Физическая реабилитация детей с перинатальным поражением центральной нервной системы. Физиотерапевт. 2021; 3: 29–39. <https://doi.org/10.33920/med-14-2106-04> [Khan M.A., Prikul V.F., Mikitchenko N.A. Physical rehabilitation of children with perinatal damage to the central nervous system. Physiotherapist. 2021; 3: 29–39. <https://doi.org/10.33920/med-14-2106-04> (In Russ.).]
24. Лечебная физическая культура в системе медицинской реабилитации: национальное руководство. Под ред. Епифанова В.А., Петровой М.С., Епифанова А.В. Москва: ГЭОТАР-Медиа. 2022; с. 758–770. [Therapeutic physical culture in the medical rehabilitation system: national guidelines. Edited by Epifanov V.A., Petrova M.S., Epifanov A.V. Moscow: GEOTAR-Media. 2022; pp. 758–770 (In Russ.).]
25. Милькаманович В.К. Бобат-терапия: физиологические и технологические аспекты в реабилитации лиц с нарушениями движения. Медицинские знания. 2021; 1: 10–14. [Milkamanovich V.K. Bobat therapy: physiological and technological aspects in rehabilitation of persons with movement disorders. Medical knowledge. 2021; 1: 10–14 (In Russ.).]
26. Рейн С., Медоуз Л., Линч-Эллингтон М. Бобат-концепция. Теория и клиническая практика в неврологической реабилитации. Кириллица. 2013; 320 с. [Rain S., Meadows L., Lynch-Ellington M. Bobat-concept. Theory and clinical practice in neurological rehabilitation. Cyrillic Alphabet. 2013; 320 p. (In Russ.).]
27. Parau D., Todoran A.B., Barcutean L., et al. The Benefits of Combining Bobath and Vojta Therapies in Infants with Motor Development Impairment- A Pilot Study. *Medicina (Kaunas)*. 2023; 59(10): 1883. <https://doi.org/10.3390/medicina59101883>
28. Te Velde A., Morgan C., Finch-Edmondson M., et al. Neurodevelopmental Therapy for Cerebral Palsy: A Meta-analysis. *Pediatrics*. 2022; 149(6): e2021055061. <https://doi.org/10.1542/peds.2021-055061>
29. Tekin F., Kavlak E., Cavlak U., Altug F. Effectiveness of Neuro-Developmental Treatment (Bobath Concept) on postural control and balance in Cerebral Palsied children. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2018; 31(2): 397–403. <https://doi.org/10.3233/BMR-17081>
30. Kavlak E., Ünal A., Tekin F., Altuğ F. Effectiveness of Bobath therapy on balance in cerebral palsy. *Çukurova Med. J*. 2018; 43: 975–981. <https://doi.org/10.17826/cumj.375565>

31. Хомякова О.В., Короткий П.Ю. Эффективность применения методики Бобат-терапии для детей старшего школьного возраста с детским церебральным параличом. Научный вестник Крыма. 2020; 4(27): 13–19. [Khomyakova O.V., Korotky P.Yu. The effectiveness of the Bobat therapy technique for older school-age children with cerebral palsy. Scientific Bulletin of Crimea. 2020; 4(27): 13–19 (In Russ.).]
32. Ari G. Randomised controlled study of investigate effects of trunk control training on motor function of children with diplegic cerebral palsy. Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bo"lu"mu" Tez Koleksiyonu 2015; 105.
33. Szuflak K., Malak R., Fechner B., et al. The Masticatory Structure and Function in Children with Cerebral Palsy — A Pilot Study. Healthcare 2023; 11: 1029. <https://doi.org/10.3390/healthcare11071029>
34. Acar G., Ejraei N., Turkdoğan, D., et al. The Effects of Neurodevelopmental Therapy on Feeding and Swallowing Activities in Children with Cerebral Palsy. Dysphagia 202; 37: 800–811.
35. Chapman S.D., Farina L., Kronforst K., Dizon M. MicroRNA profile differences in neonates at risk for cerebral palsy. Phys Med Rehabil Int. 2018; 5(3): 1148.
36. Fortin O., Husein N., Oskoui M., et al. Canadian Cerebral Palsy Registry. Risk Factors and Outcomes for Cerebral Palsy with Hypoxic-Ischemic Brain Injury Patterns Without Documented Neonatal Encephalopathy. Neurology. 2024; 102(6): e208111. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000208111>
37. Novak I., Morgan C., Adde L., et al. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: advances in diagnosis and treatment. JAMA pediatrics. 2017; 171(9): 897–907. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.1689>
38. Адулас Е.И. Либерман Л.Н. Нейроразвивающая терапия в реабилитации детей первого года жизни с перинатальной патологией центральной нервной системы. Педиатр. 2017; 8(51): M29–M30. [Adulas E.I. Lieberman L.N. Neuro-developmental therapy in the rehabilitation of infants with perinatal pathology of the central nervous system. Pediatrician. 2017; 8(51): M29–M30 (In Russ.).]
39. Morgan C., Fettes L., Adde L., et al. Early Intervention for Children Aged 0 to 2 Years With or at High Risk of Cerebral Palsy: International Clinical Practice Guideline Based on Systematic Reviews. JAMA Pediatr. 202; 175(8):846–858. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2021.0878>
40. Novak I., Morgan C. High-risk follow-up: Early intervention and rehabilitation. Handb Clin Neurol. 2019; 162: 483–510. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-64029-1.00023-0>
41. Orton J., Doyle L.W., Tripathi T., et al. Early developmental intervention programmes provided post hospital discharge to prevent motor and cognitive impairment in preterm infants. Cochrane Database Syst Rev. 2024; 2(2): CD005495. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005495.pub5>
42. Martínez Moreno M., Macías Merlo L. Early detection and intervention in cerebral palsy: from knowledge to action. Dev Med Child Neurol. 2022; 64(5): 529. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15178>
43. Pierrat V., Marchand-Martin L., Arnaud, C., et al. Neurodevelopmental outcome at 2 years for preterm children born at 22 to 34 weeks' gestation in France in 2011: EPIPAGE-2 cohort study. Br. Med. J. 2017; 358: j3448.
44. Pierrat V., Marchand-Martin L., Marret S., et al. Neurodevelopmental outcomes at age 5 among children born preterm: EPIPAGE-2 cohort study. Br. Med. J. 2021; 373: n741.
45. Kałucka A.M., Kałużyński W., Prokop A.M., Kikowski Ł. Physiotherapy of Prematurely Born Children Taking into Account the Degree of Biological Immaturity. Wiadomości Lek. 2022; 75: 2315–2321. <https://doi.org/10.36740/WLek202210101>
46. Parau D., Todoran A.B., Balasa R. Physiotherapy Intervention on Premature Infants-A Pilot Study. Medicina (Kaunas). 2024; 60(1): 138. <https://doi.org/10.3390/medicina60010138>

Физическая реабилитация для коррекции диастаза у женщин после родов средствами лечебной физической культуры: обзор

Гукасян М.Х.^{1,2,*}, Бакай И.Н.²

¹ ООО «ЭКСПРЕСС ФИТНЕС 2», Москва, Россия

² Российский государственный социальный университет, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Диастаз прямых мышц живота (ДПМЖ) — патологическое состояние соединительной и мышечной ткани, при котором наблюдается утончение и растяжение белой линии живота. Последние актуальные статистические данные указывают на высокий риск возникновения ДПМЖ у женщин как во время беременности, так и в послеродовой период (ПП). Оптимальным средством коррекции ДПМЖ является лечебная физическая культура.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА. В данном обзоре проведен анализ особенностей коррекции ДПМЖ у женщин в ПП с помощью физических упражнений. Обзор был составлен на основе методологии исследования, разработанной Институтом Джоанны Бриггс (Joanna Briggs Institute — JBI) — международной исследовательской организацией, специализирующейся в области доказательной медицины в сотрудничестве с партнерами, а также на основе рекомендаций по лечению и данных метаанализа Scoping Review. Также изучались рандомизированные контролируемые клинические исследования, описательные исследования, статьи, опубликованные на английском языке и в полнотекстовом виде, без каких-либо ограничений по дате публикации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные данные позволили определить основные направления в использовании средств физической реабилитации в ПП для коррекции ДПМЖ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: диастаз прямых мышц живота, мышцы живота, физические упражнения, реабилитация, послеродовой период

Для цитирования / For citation: Гукасян М.Х., Бакай И.Н. Физическая реабилитация для коррекции диастаза у женщин после родов средствами лечебной физической культуры: обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):113–122. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-113-122> [Ghukasyan M.Kh., Bakay I.N. Physical Rehabilitation for Correction of Diastasis in Postpartum Women through Exercise: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):113–122. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-113-122> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Гукасян Марине Хачиковна, E-mail: marineshka7@icloud.com

Статья получена: 12.07.2024

Статья принята к печати: 11.04.2025

Статья опубликована: 16.06.2025

Physical Rehabilitation for Correction of Diastasis in Postpartum Women through Exercise Therapy: a Review

Marine Kh. Ghukasyan^{1,2,*}, Irina N. Bakay²

¹ EXPRESS FITNESS 2 LLC, Moscow, Russia

² Russian State Social University, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Diastasis rectus abdominis (DRAM) is a pathologic condition of connective and muscular tissue in which there is thinning and stretching of the white line of the abdomen. The latest current statistics indicate that women are at high risk of developing DRAM both during pregnancy and in the postpartum period. The optimal means for DRAM correction is exercise therapy.

MAIN CONTENT OF THE REVIEW. This review analyzes the features of correction of DRAM in postpartum women with exercise. The review was based on the research methodology developed by the Joanna Briggs Institute (JBI) — an international research organization specializing in evidence-based medicine in collaboration with partners; treatment guidelines; and Scoping Review meta-analysis data. Randomized controlled clinical trials, descriptive studies, articles published in English and in full-text, without any restrictions on the date of publication, were also studied.

CONCLUSION. The findings allowed us to determine the main focus areas in the use of physical rehabilitation in the postpartum period to correct DRAM.

KEYWORDS: diastasis rectus abdominis, abdominal muscles, physical exercises, rehabilitation, postpartum period

For citation: Ghukasyan M.Kh., Bakay I.N. Physical Rehabilitation for Correction of Diastasis in Postpartum Women through Exercise Therapy: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):113–122. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-113-122> (In Russ.).

* **For correspondence:** Marine Kh. Ghukasyan, E-mail: marineshka7@icloud.com

Received: 12.07.2024

Accepted: 11.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Диастаз прямых мышц живота (ДПМЖ) — это патологическое состояние локомоторной системы, которое проявляется в виде растяжения и истончения белой линии живота (БЛЖ) более 2 мм, мышц брюшной стенки и прилегающей соединительной ткани [1]. По данным литературы, диастаз встречается у 70 % беременных женщин. Через 1,5 месяца после рождения данная патология отмечается у 60 %, через год — у 30 % женщин [2].

При беременности, сопровождающейся длительным повышением внутрибрюшного давления, сухожильные волокна БЛЖ растягиваются. Дополнительную нагрузку на сухожилия оказывает сила натяжения двух косых и поперечной мышц живота (ПРМЖ) [3]. Как следствие БЛЖ постепенно истончается, теряя свою изначальную плотность, и растягивается. Подобные изменения, происходящие при беременности, в большинстве случаев обратимы, поскольку уровень гормонов, под влиянием которых находится соединительная ткань, после родов нормализуется. В дальнейшем происходит восстановление нормальной растяжимости и прочности мышц и связок.

Патогенез ДПМЖ до конца не изучен. Брюшная стенка играет огромную роль в формировании осанки, акте дыхания, стабилизации туловища и таза, внутренних органов в брюшной полости [4]. Изменения механики туловища, асимметрия таза, изменение осанки могут привести к нарушениям со стороны сердечно-сосудистой, пищеварительной и дыхательной систем, а также опорно-двигательного аппарата в целом, что значительно снижает качество жизни.

Факторами риска развития ДПМЖ являются многоплодная беременность, многоводие, ДПМЖ в анамнезе, обструктивная болезнь легких, ожирение [5].

Согласно последним рекомендациям, лечение ДПМЖ должно быть в первую очередь консервативным, а выполнение физических упражнений (ФУ), коррекция образа жизни и отказ от вредных привычек являются золотым стандартом. Хирургическое вмешательство, включающее уменьшение диастаза путем пластики БЛЖ и передней стенки влагалища прямой мышцы живота (ПМЖ) показано в тяжелых случаях при неэффективности консервативного лечения, а также при формировании грыжи с клинически выраженной симптоматикой [6].

Учитывая вышеуказанные ограничения, был проведен обзор литературных данных для систематического сопоставления исследований, изучающих применение лечебных ФУ и дополнительных методов лечения ДПМЖ в послеродовой период (ПП) с целью качественного обобщения и сравнения их результатов. Данный обзор был направлен на решение следующих исследовательских задач:

1. Проанализировать ФУ и дополнительные методы, используемые в реабилитации женщин с ДПМЖ в ПП.
2. Изучить влияние ФУ и дополнительных методов лечения на снижение степени выраженности диастаза и связанные с этим функциональные исходы у женщин в ПП.
3. Проанализировать нерешенные и малоизученные вопросы в исследованиях, посвященных реабилитации женщин с ДПМЖ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА

Данный обзор был составлен на основе методологии исследования, разработанной Институтом Джоанны Бриггс (Joanna Briggs Institute — JBI) [7] — международной исследовательской организацией, специализирующейся в области доказательной медицины в сотрудничестве с партнерами, а также на основе рекомендаций по лечению и данных метаанализа Scoping Review [8–13].

Также изучались рандомизированные контролируемые клинические исследования, описательные исследования, статьи, опубликованные на английском языке и в полнотекстовом виде, без каких-либо ограничений по дате публикации. Для осуществления исследования материала обзорной статьи были использованы популярные базы данных по поиску научных источников, такие как Google Scholar, CyberLeninka. Для более информативного и эффективного поиска были использованы следующие слова и сочетания: diastasis of the rectus abdominis, permanent residence, abdominal muscles, physical exercises, rehabilitation, postpartum period, диастаз прямых мышц живота, мышцы живота, физические упражнения, реабилитация, послеродовой период.

При анализе материалов было выявлено, что существуют значительные различия между исследованиями. Так, некоторые авторы наблюдали женщин с тяжелым диастазом передней брюшной стенки, свыше 7 см, а другие — с непатологическим или пограничным увеличением расстояния, не более 22 мм [14, 15].

Так, например, Hanif S.M. et al. наблюдали трех женщин в ПП с ДПМЖ в 1,4; 4,8 и 7 см. Все женщины выполняли ФУ, направленные на уменьшение послеродового ДПМЖ, исключая упражнения, способные привести к повышению внутрибрюшного давления, например, приседания (у третьей женщины) [14]. Результаты исследования показали, что ФУ по укреплению мышц живота, начатые в ПП, привели к их укреплению и уменьшению диастаза.

В клинических испытаниях степень ДПМЖ оценивалась в различных условиях, включая покой, подъем головы, скручивания или комбинации. В обсервационных исследованиях также использовалась специальная методика ФУ:

- 1) втягивание живота в положении лежа на спине;
- 2) сгибание туловища в положении лежа на спине;
- 3) подъем ног лежа на спине;
- 4) выполнение планки лежа на боку [16].

Результаты исследования показали, что наиболее эффективным упражнением оказалось сгибание туловища в положении лежа на спине. Остальные упражнения, а также тейпирование не оказывали воздействия на размер диастаза, что позволяет считать их нейтральными применительно к реабилитационным мероприятиям по поводу ДПМЖ.

Так, например, Djivoh Y.S. в своей работе наблюдал 19 женщин с ДПМЖ более 15 мм [17]. Расстояние между прямыми мышцами живота (РПМЖ) измерялось на 20 мм над пупком с помощью штангенциркуля при различных ФУ. Результаты исследования показали, что выраженный эффект уменьшения расстояния между мышцами живота наблюдался при выполнении сгибания туловища в положении лежа на спине, а также при при-

седаниях. В то же время авторы отмечали отсутствие эффекта от сгибания туловища в сочетании с втягиванием живота.

В исследовании Chiarello C.M. et al. приняли участие 56 испытуемых (мужчины — 11; нерожавшие женщины — 22; рожавшие женщины — 23) [18]. РПМЖ измеряли в состоянии покоя и во время выполнения упражнения сгибания туловища в двух местах (выше и ниже пупка) с помощью ультразвукового исследования. Результаты исследования позволили авторам сделать вывод о том, что сгибание туловища у рожавших женщин значительно уменьшало размеры диастаза, в то время как у нерожавших женщин и мужчин этот вид упражнения никак не сказывался на расстоянии между прямыми мышцами.

Сроки ПП варьировались в широких пределах: от 6 часов до 6 месяцев. Например, Li Q. et al. в своей работе обследовали женщин с ДПМЖ через 1–12 недель после родов [19].

A Laframboise F.C. et al. в исследование включали женщин через 6–24 месяца после родов [20]. Интересно, что в большинстве исследований участвовали рожавшие женщины, у которых в течение первых 6 месяцев после родов, спонтанное уменьшение ДПМЖ может совпадать с эффектом вмешательства.

Продолжительность программы ФУ в большинстве исследований варьировалась от 6 до 36 недель. Частота занятий варьировалась от 1 до 5 раз в неделю. В большинстве исследований применение ФУ было рекомендовано проводить под руководством тренера-специалиста [20].

Во многих исследованиях применялись ФУ для тренировки мышц живота (скручивания/сгибания [21], приседания и наклоны таза назад [22], эксцентрические сокращения [23]) и упражнения для мышц тазового дна (ТД), втягивания живота/статические сокращения живота [24].

В слепое рандомизированное контролируемое исследование Saleem Z. et al. включили 40 молодых женщин, находящихся в ПП, которые были разделены на две равные группы методом конвертирования: группа А — протокол ФУ, включающий тренировки на скручивание брюшного пресса, группа Б — протокол ФУ с подъемом прямых ног в течение 6 недель [22]. В группе А наблюдалось уменьшение диастаза до $1,95 \pm 0,4$ см, а в группе Б — до $2,85 \pm 0,35$ см при оценке методом пальпации; при оценке с помощью штангенциркуля размер диастаза составил $4,06 \pm 0,74$ см и $1,2 \pm 0,49$ см соответственно. Это исследование показывает, что 6-недельный протокол ФУ оказался эффективным в лечении ДПМЖ. Таким образом, ФУ на скручивания, по-видимому, дают многообещающие результаты [25].

В своих исследованиях в 2016 г. Walton L.M. et al. сообщали о статистически значимом положительном влиянии на размер ДПМЖ при использовании в ФУ планки. Это позволило им сделать заключение, что любое упражнение, выполняемое в послеоперационный период, эффективно при диастазе прямых мышц [26].

Sancho M.F. et al. сравнивали влияние ФУ на размер диастаза в двух группах женщин: с естественными родами в анамнезе и которым было выполнено кесарево сечение. Результаты показали, что упражнения на брюшной пресс (сгибание туловища в положении

лежа) были эффективны в обеих группах, в то время как упражнения на втягивание живота не влияли на размер ДПМЖ [27].

Tuttle L.J. в 2018 г. провел исследование на 30 женщинах в период 6–12 недель после родов. Они были разделены на группы в зависимости от предлагаемых упражнений:

- 1) упражнения, направленные на укрепление боковых мышц живота;
- 2) тейпирование;
- 3) сочетание этих процедур.

Авторы установили, что наибольшее уменьшение расстояния между ПМЖ наблюдалось в группах, где проводились упражнения на укрепление латеральной части живота, в то время как в группе, где выполняли только тейпирование, диастаз не изменился [28].

Theodorsen N.M. et al. включили в свое исследование 38 женщин в ПП с ДПМЖ (РПМЖ было более 2 пальцев) [29]. РПМЖ измеряли с использованием ультразвукового линейного датчика (от 5 до 10 МГц). В исследовании изучалось влияние изометрического сокращения мышц тазового дна и поперечной мышцы живота на РПМЖ. Авторы установили, что как сокращение мышц ТД, так и сокращение поперечной мышцы живота, равно как и их одновременное сокращение, приводило к значительному расхождению ПМЖ.

В другом исследовании было обнаружено уменьшение степени ДПМЖ через 6 недель при применении электромиографической тренировки мышц ТД с биологической обратной связью и ФУ на брюшной пресс и нервно-мышечной электростимуляции по сравнению с упражнениями для брюшного пресса и только стимуляции [23].

В недавно проведенном исследовании Dudic R. et al. использовали методы коррекции ДПМЖ, включая упражнения на укрепление мышц ТД, коррекцию осанки, коррекцию дыхания, а также упражнения на поперечную мышцу живота [10]. Рекомендуемая продолжительность тренировок составляла 5 дней в неделю в течение 12 недель. Дозировка ФУ составляла 15, 20 и 30 минут в день в 1-ю, 2–4-ю и 5–12-ю недели лечения соответственно. Было объективно доказано влияние занятий с включением поперечных мышц живота в описанном выше комплексе упражнений на уменьшение ДПМЖ у женщин.

Автор данного научного труда разделяет точку зрения исследователей о необходимости участия специалиста физиотерапевтического профиля в процессе коррекции диастаза у женщин в поздний ПП при помощи физической реабилитации, в связи с чем в данной работе будут представлены ФУ, эффективность которых подтверждена для указанной группы пациентов, будет проведен анализ влияния этих ФУ на уменьшение степени выраженности ДПМЖ.

В ходе практической работы с женщинами, страдающими диастазом, автор, являющийся действующим тренером фитнес центра, наблюдал значительное улучшение физического здоровья, уровня уверенности в себе и общего самочувствия после прохождения курса комплексных ФУ. На основе полученного практического опыта была разработана Postnatal DiastCore Rehab System — инновационная система физической реабилитации для коррекции диастаза у женщин после

родов. Данная система представляет собой структурированный подход к коррекции ДПМЖ, включающий в себя комплекс ФУ, направленных на восстановление мышечного корсета и улучшение осанки.

Правильная тренировка глубоких мышечных волокон останавливает дальнейшее расхождение ПМЖ, но, к сожалению, не до конца избавляет от образовавшегося дефекта в тяжелых и запущенных случаях. Убрать расширение апоневроза в таком случае поможет только оперативное вмешательство.

Чтобы ФУ при диастазе были эффективными и безопасными, гимнастический комплекс должен подбирать специалист. Большое значение имеет регулярность тренировок, а также поэтапное укрепление деформированных тканей.

Общие рекомендации при ДПМЖ представлены ниже.

Удерживать живот в подтянутом состоянии важно в течение всего дня, поэтому ортопедический пояс рекомендуется носить при любой физической активности, а при кашле, чихании и при смехе — поддерживать живот рукой.

Польза ФУ при патологии заключается в укреплении мышечного корсета. При регулярном выполнении ФУ при диастазе улучшается кровообращение и обмен веществ, мышечные волокна восстанавливаются и укрепляются. При достаточном запасе коллагена происходит регенерация соединительной ткани, БЛЖ сокращается, обретает прочность и эластичность.

Исходя из результатов вышеперечисленных исследований, в таблице 1 представлены сводные данные по ФУ для реабилитации и коррекции диастаза у женщин после родов средствами лечебной физической культуры.

В целом на основании этого общего обзора можно сделать вывод о том, что реабилитационная практика полезна для женщин после родов по ряду функциональных параметров, связанных с ДПМЖ. Однако не выработано единой концепции наилучшего подхода в реабилитации женщин в ПП с ДПМЖ.

Результаты наблюдательных исследований подтверждают идею о том, что сокращения глубоких мышц туловища важны для создания напряжения для поддержки внутренних органов брюшной полости и передачи усилий по средней линии живота. В настоящее время исследователи согласны с тем, что способность создавать напряжение передней брюшной стенки живота за счет работы прямых и поперечной мышц живота, а также их сухожилий и сухожильных растяжений имеет решающее значение для функции брюшной стенки [14], тогда как функциональность пациента, нервно-мышечный контроль и мышечная способность произвольного сокращения мышц живота могут иметь большее клиническое значение.

Рекомендации экспертов говорят о том, что оптимальные изолированные и синергичные сокращения глубоких мышц и диафрагмальное дыхание без напряжения должны быть приоритетными в течение ближайшего ПП при ДПМЖ. Кроме того, предполагается, что натяжение за счет ФУ с вовлечением тазобедренного сустава стимулирует процесс ремоделирования соединительной ткани БЛЖ. Однако требуются дополнительные исследования в этой области [30].

Таблица 1. Методика физической реабилитации для коррекции диастаза у женщин после родов средствами лечебной физической культуры
Table 1. Methods of physical rehabilitation for the correction of diastasis in women after childbirth by means of therapeutic physical culture

Задачи физической реабилитации / Tasks of physical rehabilitation	Упражнения / Exercises	Дозировка / Dosage
Вводный этап — 1 месяц / The introductory period — 1 month		
Укрепление мышц туловища, улучшение координации и баланса / Strengthening the muscles of the trunk, improving coordination and balance	Вытягивание рук и ног на четвереньках / Stretching arms and legs on all fours	2 подхода по 10–16 повторений / 2 sets of 10–16 repetitions
Улучшение подвижности позвоночника, растяжка мышц спины и живота, активация глубоких мышц туловища / Improving the mobility of the spine, stretching the muscles of the back and abdomen, activating the deep muscles of the trunk	Упражнение «Кошка» / Cat exercise	2 подхода по 10–15 повторений / 2 sets of 10–15 repetitions
Активация мышц поверхности бедер, выполнение упражнений с концентрацией внимания на работе мышц живота и тазового дна / Activation of the gluteal muscles, muscles of the posterior surface of the thighs, performing exercises with concentration on the contraction of the abdominal and pelvic floor muscles	Упражнение «Плечевой мост» / Shoulder bridge exercise	2 подхода по 10–15 повторений / 2 sets of 10–15 repetitions
Укрепление мышц туловища, улучшение координации и баланса / Strengthening the muscles of the trunk, improving coordination and balance	Вытягивание рук и ног на четвереньках / Stretching arms and legs on all fours	3 подхода по 20 повторений / 3 sets of 20 repetitions
Профилактика подвижности позвоночника, растяжка мышц спины и живота, активация глубоких мышц туловища / Prevention of spinal mobility, stretching of the muscles of the back and abdomen, activation of the deep muscles of the trunk	Упражнение «Кошка» / Cat exercise	3 подхода по 20 повторений / 3 sets of 20 repetitions
Активация мышц поверхности бедер, выполнение упражнений с концентрацией внимания на работе мышц живота и тазового дна / Activation of the gluteal muscles, muscles of the posterior surface of the thighs, performing exercises with concentration on the contraction of the abdominal and pelvic floor muscles	Упражнение «Плечевой мост» / Shoulder bridge exercise	3 подхода по 20 повторений / 3 sets of 20 repetitions
Укрепление мышц живота, особенно прямой мышцы живота, мышц спины и плечевого пояса / Strengthening the muscles of the abdomen, especially the rectus abdominis, back and shoulder girdle muscles	Упражнение «Боковая планка» / Lateral plank exercise	3 подхода по 20 сек / 3 sets of 20 sec
Укрепление мышц спины, ягодиц и задней поверхности бедра. Улучшение подвижности грудного отдела позвоночника / Improving the mobility of the thoracic spine	Упражнение «Обратный мостик» / Reverse bridge exercise	3 подхода по 10 повторений / 3 sets of 10 repetitions
Расслабление мышц поясницы, улучшение гибкости позвоночника / Relaxation of the lumbar muscles, improvement of the flexibility of the spine	Упражнение «Растяжка поясницы» / Stretching the lower back exercise	1–2 подхода, удерживать по 20–30 сек / 1–2 sets, hold for 20–30 sec
Активация глубоких мышц живота, особенно поперечной мышцы. Диафрагмальное дыхание (обучение правильной технике дыхания) / Activation of the deep abdominal muscles, especially. Diaphragmatic breathing (learning the correct breathing technique)	Упражнение на сжатие по методике «Таплер» / Compression exercise using the “Tapler” technique	3–4 подхода по 10 сек / 3–4 sets of 10 sec

MARINE KH. GHUKASYAN ET AL. | REVIEW

Задачи физической реабилитации / Tasks of physical rehabilitation	Упражнения / Exercises	Дозировка / Dosage
Основной этап — 2 месяца / The basic period — 2 months		
Укрепление мышц туловища, улучшение координации и баланса / Strengthening the muscles of the trunk, improving coordination and balance	Вытягивание рук и ног на четвереньках / Stretching arms and legs on all fours	3 подхода по 20 повторений / 3 sets of 20 repetitions
Профилактика подвижности позвоночника, растяжка мышц спины и живота, активация глубоких мышц туловища / Prevention of spinal mobility, stretching of the muscles of the back and abdomen, activation of the deep muscles of the trunk	Упражнение «Кошка» / Cat exercise	3 подхода по 20 повторений / 3 sets of 20 repetitions
Укрепление ягодичных мышц, задней поверхности бедра, глубоких мышц живота и тазового дна / Strengthening of the gluteal muscles, the posterior surface of the thigh, deep abdominal muscles and pelvic floor	Упражнение «Плечевой мост» / Shoulder bridge exercise	3 подхода по 20 повторений / 3 sets of 20 repetitions
Укрепление мышц туловища, особенно прямой мышцы живота, мышц спины и плечевого пояса / Strengthening the muscles of the trunk, especially the rectus abdominis, muscles of back and shoulder girdle muscles	Упражнение «Обратная планка» / Reverse plank exercise	3 подхода по 20 сек / 3 sets of 20 sec
Укрепление мышц спины, ягодич и задней поверхности бедра. Улучшение подвижности грудного отдела позвоночника / Strengthening the muscles of the back, buttocks and back of the thigh. Improving the mobility of the thoracic spine	Упражнение «Обратный мостик» / Reverse bridge exercise	3 подхода по 10 повторений / 3 sets of 10 repetitions
Укрепление косых мышц живота, мышц туловища, плечевого пояса и бедер / Strengthening of oblique abdominal muscles, trunk muscles, shoulder girdle and thigh	Упражнение «Боковая планка» / Lateral plank exercise	3 подхода по 20 сек / 3 sets of 20 sec
Расслабление мышц поясницы, улучшение гибкости позвоночника / Relaxation of the lumbar muscles, improvement of the flexibility of the spine	Упражнение «Растяжка поясницы» / Stretching the lower back exercise	2 подхода, удерживать по 20–30 сек / 2 sets, hold for 20–30 sec
Укрепление косых мышц живота, мышц туловища, плечевого пояса и бедер / Strengthening of oblique abdominal muscles, trunk muscles, shoulder girdle and hips	Упражнение «Боковая планка» / Lateral plank exercise	3 подхода по 20 сек / 3 sets of 20 sec
Расслабление мышцы поясницы, улучшение гибкости позвоночника / Relaxation of the lumbar muscles, improvement of the flexibility of the spine	Упражнение «Растяжка поясницы» / Stretching the lower back exercise	2 подхода, удерживать по 20–30 сек / 2 sets, hold for 20–30 sec
Активация глубоких мышц живота, особенно поперечной мышцы / Activation of the deep abdominal muscles, especially the transverse muscle	Упражнение на сжатие по методике «Таплер» / Compression exercise using the “Tapler” technique	3–4 подхода по 10 сек / 3–4 sets of 10 sec
Диафрагмальное дыхание (продолжение работы над правильным дыханием) / Diaphragmatic breathing (continuing to work on proper breathing)		

Кроме того, комбинация ФУ, направленных на сокращение глубоких и поверхностных мышц живота, оказалась безопасной и эффективной при увеличении РПМЖ без дальнейшего расхождения ПМЖ. Необходимо вводить ФУ на сгибание туловища в ранний ПП, поскольку большинству женщин приходится выполнять во время повседневной деятельности и ухода за младенцем действия, которые способствуют повышению давления

в брюшной полости. Целесообразно обучать пациенток контролю напряжения при выполнении статических упражнений с использованием глубоких мышц живота, а затем сочетать их с сокращениями поверхностных мышц при более динамичных ФУ (сгибание и повороты туловища) [31].

Однако последовательность ФУ должна подбираться индивидуально в соответствии с потребностями,

функцией и прогрессом пациентки [21]. Интересно, что многие протоколы включают упражнения на наружные отделы живота (скручивания, приседания) в ранний ПП, не предоставляя информации о способности пациенток создавать напряжение в БЛЖ. Более того, в нескольких протоколах отсутствует информация о прогрессировании физических нагрузок или адекватной нагрузочной способности.

Будущие исследования могут включать специальные клинические/функциональные тесты для оценки функции и готовности пациенток переходить (поддерживать и переносить нагрузку) к более сложным упражнениям.

В исследовании Gluppe S.B. et al. проводилось изучение ФУ на мышцы ТД [32] у 175 первородящих женщин (средний возраст составил $29,8 \pm 4,1$ года) в период 6 недель после родов. Для измерения РПМЖ применялось пальцевое исследование. Наличие диастаза отмечалось при расстоянии ≥ 2 ширины пальцев. Измерения проводились в трех местах: на 4,5 см выше пупка, на его уровне и на 4,5 см ниже пупка. Женщины опытной основной группы в течение 4 месяцев самостоятельно выполняли гимнастику для мышц ТД ежедневно, дополнительно 1 раз в неделю выполняли силовую тренировку для мышц ТД и брюшного пресса под контролем специалиста. Контрольная группа ФУ не занималась. Результаты исследования показали, что послеродовая программа упражнений под наблюдением врача, включающая силовые тренировки мышц ТД и брюшного пресса, в дополнение к домашним тренировкам мышц ТД, не уменьшила размер диастаза.

Согласно Dufour S. et al. [33] тренировка мышц внутренних органов также должна включать ФУ для мышц ТД, которые являются золотым стандартом лечения недержания мочи и также предлагаются для программ реабилитации после ДПМЖ. Однако имеются противоречивые данные относительно их влияния на сокращение РПМЖ. Обсервационные исследования показали, что ФУ на мышцы ТД почти так же эффективны, как сокращения ПРМЖ для напряжения БЛЖ, тогда как ФУ, направленные на их совместное сокращение, были признаны наиболее эффективными.

Различные исследователи предлагали эксцентрические сокращения мышц живота [33]. В группу исследования вошли 40 женщин с ДПМЖ в возрасте от 23 до 33 лет, которые были случайным образом разделены на две группы. В первой группе 20 женщин прошли программу укрепления стабильности туловища, сопровождавшуюся традиционными ФУ для пресса с частотой 3 раза в неделю общей продолжительностью 8 недель. Остальные 20 женщин, составляющие вторую группу, проходили только традиционную программу ФУ для пресса 3 раза в неделю в течение 8 недель. После этого РПМЖ измерялось с помощью цифровых штангенциркулей. В результате использования программы ФУ стабилизацию мышц туловища ПРМЖ значительно уменьшилось ($p < 0,0001$).

К сожалению, большинство протоколов исследования включают эксцентрические ФУ как в интервенционных, так и в контрольных группах [34], в связи с чем однозначных выводов сделать нельзя. Эксцентрические сокращения мышц превосходят концентрические или изометрические по таким характеристикам адап-

тации мышц, как сила, мышечная масса и структурное расположение (длина мышечных пучков и углы перистости) [34]. Более того, эксцентрические ФУ могут активировать медленные мышечные волокна и создавать большую силу, чем концентрические, что приводит к более легкой передаче нагрузки [35]. Таким образом, эксцентрические сокращения могут быть более подходящими для раннего ПП. Хотя эксцентрическая тренировка в целом тщательно изучалась, степень ее влияния на ДПМЖ пока до конца не установлена. Исследователи предполагают, что эксцентрические сокращения ПМЖ могут улучшить ее силу и выравнивание, способствовать ремоделированию соединительной ткани и уменьшить тем самым ДПМЖ.

Несколько протоколов реабилитации включают дыхательные упражнения, при которых выполняется диафрагмальное дыхание или дыхательные маневры для облегчения совместного сокращения глубоких мышц туловища. Исследователи предполагают, что диафрагма способствует стабильности позвоночника, работая синергично с мышцами живота, в частности, с прямой мышцей живота для повышения внутрибрюшного давления там, где это необходимо [36].

Йога также оказалась эффективной в коррекции степени ДПМЖ. В своей работе Li Q. et al. изучали влияние программы прогрессивных упражнений йоги на уменьшение РПМЖ у женщин в ранний ПП с ДПМЖ [19]. В исследование были включены 116 женщин в ПП без акушерских осложнений после вагинальных родов в период с 1-й по 12-ю неделю после родов. Участницы были случайным образом распределены в контрольную и опытную группу, в которой проводились занятия йогой. Контрольная группа не получала никакого лечения, в то время как опытная группа принимала участие в 12-недельной прогрессивной программе ФУ, начатой на 1-й неделе после родов. Степень ДПМЖ исследовали с помощью высокочастотного ультразвука на 6-й и 12-й неделе после родов. Показатели были значительно меньше после 12 недель занятий йогой по сравнению с периодами с 1-й по 6-ю и с 6-й по 12-ю недели. Результаты исследования показывают, что прогрессивные упражнения йоги — это эффективная программа, позволяющая снизить степень ДПМЖ у женщин в ранний ПП. Женщинам следует рекомендовать комбинированные упражнения йоги в первые дни после родов.

Также было обнаружено, что гипопрессивные упражнения оказывают эффект, аналогичный ФУ на ПРМЖ [37]. К таким упражнениям относят специальную методику, когда происходит сокращение глубоких мышц живота с одновременным глубоким выдохом с задержкой дыхания на пике выдоха, а также сокращением мышц ТД. В результате таких упражнений при сокращении мышц живота внутрибрюшное давление не повышается.

Перекрестное исследование было проведено Arranz-Martín B. et al. с участием 46 женщин через 3 месяца после первых родов [38]. Ультразвуковая визуализация РПМЖ и БЛЖ в режиме проводилась на 2 см ниже (точка I) и выше (точка S) пупка и в средней точке между пупком и мечевидным отростком (точка X). Изображения записывались в состоянии покоя и во время ФУ, выполненного в положении лежа на спине, втягивая живот. Значимые изменения были обнаружены при скручиваниях и втягивании живота.

В подавляющем большинстве исследований ФУ проводились под контролем тренера или инструктора. Это, безусловно, повышает эффективность тренировок, так как специалист может вовремя скорректировать программу реабилитации в зависимости от изменения состояния пациентки. Некоторые исследователи показывают сопоставимые результаты эффективности домашних тренировок, в том числе онлайн, в уменьшении болевого синдрома, улучшении качества жизни и уменьшении степени ДПМЖ.

В своем исследовании Leopold M. et al. наблюдали 43 женщины в ПП ($36,7 \pm 3,5$ года) с ДПМЖ (2 см или более) [39]. Они приняли участие в 12-недельной онлайн-программе по укреплению мышц корпуса, ориентированной на ежедневную активацию ПРМЖ совместно с скоординированным дыханием и укреплением мышц ТД. Результат оценивался исходно и через 12 недель. Подгруппа из 19 женщин участвовала в дополнительном 12-недельном поддерживающем этапе, а оценка результатов проводилась через 24 недели.

Данная 12-недельная онлайн-программа укрепления мышц корпуса значительно снизила ДПМЖ ($p < 0,01$). Участие в поддерживающей фазе также значительно улучшило ДПМЖ через 24 недели по сравнению с 12 неделями ($p < 0,0125$). Эти результаты позволяют предположить, что онлайн-программа укрепления корпуса может быть использована у женщин в ПП с ДПМЖ.

Проблема ДПМЖ в ПП у женщин в последнее время является актуальной. В связи с этим интерес к вопросам физической реабилитации после родов, особенно в контексте коррекции ДПМЖ, возрастает. Диастаз, представляющий собой расхождение мышц, может негативно сказываться на физическом состоянии, эстетическом восприятии тела и психоэмоциональном состоянии женщин. Результаты проведенных исследований подтверждают, что применение методов лечебной физической культуры в реабилитации женщин с диастазом является высокоэффективным. Участницы, проходившие курс лечебной физической культуры, продемонстрировали значительное уменьшение ширины диастаза, улучшение тонуса мышц живота и общее повышение физической активности. Это согласуется с данными других исследований, которые подчерки-

вают важность целенаправленных ФУ для восстановления мышечного тонуса и функциональности. Важно отметить, что эффективность реабилитации во многом зависит от индивидуального подхода к каждой пациентке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Этот общий обзор дает информацию о реабилитации после родов при ДПМЖ, предполагая, что лечебная физическая культура может эффективно способствовать лечению диастаза и улучшению функционирования организма в целом. В среднем физическая реабилитация длилась 4 месяца, только в течение данного срока были видны существенные положительные результаты. Существует также ряд ограничений, включая методологическую вариативность, неоднородные критерии включения и недостаточное соблюдение научно обоснованных принципов выполнения ФУ. Эти ограничения подчеркивают необходимость более стандартизированных и тщательных клинических исследований, посвященных реабилитации женщин с ДПМЖ в ПП. Кроме того, требуется дальнейшее изучение механизмов уменьшения РПМЖ и установление конкретных параметров назначения ФУ. Специалистам здравоохранения следует рассматривать более целостный, но все же индивидуальный подход к уменьшению ДПМЖ, включающий прогрессивные функциональные ФУ, дыхательные упражнения с тренировкой мышц ТД и индивидуальную тренировку глубоких и поверхностных структур брюшной стенки. Устраняя эти пробелы, будущие исследования могут внести значимый вклад в разработку клинических рекомендаций, которые могут способствовать повышению общего качества помощи женщинам с ДПМЖ в ПП.

Согласно международным клиническим рекомендациям, ФУ являются методом выбора для лечения ДПМЖ у женщин в ПП, однако единого протокола тренировок и реабилитационных программ на сегодня не разработано. Выбор тактики ведения пациенток с ДПМЖ в ПП требует комплексного, но в то же время индивидуального подхода. Также требуются дополнительные исследования, направленные на изучение патогенеза ДПМЖ и механизмов его устранения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Гукасян Марине Хачиковна, фитнес тренер в сети клубов «Манго фитнес», ООО «ЭКСПРЕСС ФИТНЕС 2», магистрант 1-го курса лечебного факультета, кафедра адаптивной физической культуры, рекреации и междисциплинарной медицины, Российский государственный социальный университет.

E-mail: marineshka7@icloud.com

Бакай Ирина Николаевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры адаптивной физической культуры, рекреации и междисциплинарной медицины, Российский государственный социальный университет.

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: Гукасян М.Х. — научное обоснование, методология, верификация данных, анализ данных, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Бакай И.Н. — проверка и редактирование рукописи, курирование проекта.

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.

Благодарности. Авторы выражают свою признательность сети клубов «Манго фитнес» (Россия) за предоставленную возможность проведения персональных тренировок в тренажерном зале.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Marine Kh. Ghukasyan, Fitness trainer in the network of clubs “Mango Fitness”, EXPRESS FITNESS 2 LLC; 1st Year Master’s Student of the Faculty of Medicine, Department of Adaptive Physical Culture, Recreation and Interdisciplinary Medicine, Russian State Social University.

E-mail: marineshka7@icloud.com

Irina N. Bakai, Ph.D. (Ped.), Associate Professor at the Department of Adaptive Physical Education, Recreation and Interdisciplinary Medicine, Russian State Social University

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: Ghukasyan M.Kh. — conceptualization, methodology, validation, formal analysis, writing — original draft, review and editing; Bakay I.N. — writing — review & editing, project administration.

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.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to the Mango Fitness (Russia) for the opportunity to conduct personal training in the gym.

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

Список литературы / References

1. Hernandez-Granados P, Henriksen N.A., Berrevoet F., et al. European Hernia Society guidelines on management of rectus diastasis. *British Journal of Surgery*. 2021; 108:1189–1191
2. Chen B., Zhao X., Hu Y. Rehabilitations for maternal diastasis recti abdominis: An update on therapeutic directions. *Heliyon*. 2023; 9(10): e20956. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20956>
3. Бернштейн А.Н. Биомеханика для инструкторов. Москва: Издательство «Клинопись», 2023; 220 с. [Bernstein A.N. Biomechanics for instructors. Moscow: Klinopis Publishing House, 2023; 220 p. (In Russ.).]
4. Liaw L.J., Hsu M.J., Liao C.F., et al. The relationships between inter-recti distance measured by ultrasound imaging and abdominal muscle function in postpartum women: a 6-month follow-up study. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*. 2011; 41: 435–443. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3507>
5. Temel M., Turkmen A., Berberoglu O. Improvements in vertebral-column angles and psychological metrics after abdominoplasty with rectus plication. *Aesthetic Surgery Journal*. 2016; 36: 577–587. <https://doi.org/10.1093/asj/sjv257>
6. Claus C., Malcher F., Cavazzola L.T., et al. Subcutaneous onlay laparoscopic approach (scola) for ventral hernia and rectus abdominis diastasis repair: technical description and initial results. *Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva*. 2018; 31(4): e1399. <https://doi.org/10.1590/0102-672020180001e1399>
7. Systematic Review Resource Package. Method for Systematic Review Research. Quick Reference Guide. Queen's Joanna Briggs Collaboration Version 4.0. The Joanna Briggs Institute. 2015; Edition / Supplement.
8. Gluppe S., Engh M.E., Bø K. What is the evidence for abdominal and pelvic floor muscle training to treat diastasis recti abdominis postpartum? A systematic review with meta-analysis. *Braz J Phys Ther*. 2021; 25(6): 664–675. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2021.06.006>
9. Skoura A., Billis E., Papanikolaou D.T., et al. Diastasis Recti Abdominis Rehabilitation in the Postpartum Period: A Scoping Review of Current Clinical Practice. *Int Urogynecol J*. 2024; 35(3): 491–520. <https://doi.org/10.1007/s00192-024-05727-1>
10. Dudic R., Vaska E. Physiotherapy in a patient with diastasis of the rectus abdominis muscle after childbirth. *Ceska Gynekol*. 2023; 88: 180–185. <https://doi.org/10.48095/cccg2023180>
11. Carlstedt A., Bringman S., Egberth M., et al. Management of diastasis of the rectus abdominis muscles: recommendations for swedish national guidelines. *Scand J Surg*. 2021; 110(3): 452–459. <https://doi.org/10.1177/1457496920961000>
12. Molina B.J., Janis J.E. Diastasis Recti. In *Fundamentals of Hernia Radiology*. Springer International Publishing. 2023; p. 299–313. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21336-6_26
13. Chen B., Zhao X., Hu Y. Rehabilitations for maternal diastasis recti abdominis: An update on therapeutic directions. *Heliyon*. Elsevier Ltd. 2023; 9(10): e20956. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20956>
14. Hanif S.M. Therapeutic exercise in the reduction of diastasis recti: case reports. *Pak J Med Res*. 2017; 56(3): 104–107
15. Beer G.M., Schuster A., Seifert B., et al. The normal width of the linea alba in nulliparous women. *Clin Anat*. 2009; 22(6): 706–711. <https://doi.org/10.1002/ca.20836>
16. Depledge J., McNair P., Ellis R. Exercises, Tubigrip and taping: can they reduce rectus abdominis diastasis measured three weeks post-partum? *Musculoskelet Sci Pract*. 2021; 53: 102381. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2021.102381>
17. Djivoh Y.S., De Jaeger D. Acute effect of sit-up versus curl-up on the interrecti distance: a cross-sectional study in parous women. *Prog Urol*. 2022; 32(11): 776–783. <https://doi.org/10.1016/j.purol.2022.07.140>
18. Chiarello C.M., McAuley J.A., Hartigan E.H. Immediate Effect of Active Abdominal Contraction on Inter-recti Distance. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2016; 46(3): 177–183. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6102>
19. Li Q., Lei S., Liu Y., et al. Effectiveness of yoga on the interrectus distance in early postpartum women: a high-frequency ultrasound study. *Biomed Res Int*. 2022; 2022(1): 8908095. <https://doi.org/10.1155/2022/8908095>
20. Laframboise F.C., Schlaff R.A., Baruth M. Postpartum Exercise Intervention Targeting Diastasis Recti Abdominis. *Int J Exerc Sci*. 2021; 14(3): 400–409. <https://doi.org/10.70252/gar3559>
21. Lee D., Hodges P.W. Behavior of the linea alba during a curl-up task in diastasis rectus abdominis: an observational study. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2016; 46(7): 580–589. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6536>
22. Saleem Z., Khan A.A., Farooqui S.I., et al. Effect of exercise on inter-recti distance and associated low back pain among post-partum females: a randomized controlled trial. *J Family Reprod Health*. 2021; 15(3): 202–209. <https://doi.org/10.18502/jfrh.v15i3.7139>
23. Kamel D.M., Yousif A.M. Neuromuscular electrical stimulation and strength recovery of postnatal diastasis recti abdominis muscles. *Ann Rehabil Med*. 2017; 41(3): 465–474. <https://doi.org/10.5535/arm.2017.41.3.465>
24. Liang P., Liang M., Shi S., et al. Rehabilitation programme including EMG-biofeedback-assisted pelvic floor muscle training for rectus diastasis after childbirth: a randomised controlled trial. *Physiotherapy*. 2022; 117: 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2022.05.001>

25. Keshwani N., Mathur S., McLean L. The impact of exercise therapy and abdominal binding in the management of diastasis recti abdominis in the early postpartum period: a pilot randomized controlled trial. *Physiother Theory Pract.* 2021; 37(9): 1018–1033. <https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1675207>
26. Walton L.M., Costa A., LaVanture D., et al. The effects of a 6 week dynamic core stability plank exercise program compared to a traditional supine core stability strengthening program on diastasis recti abdominis closure, pain, Oswestry Disability Index (ODI) and Pelvic Floor Disability Index scores (PFDI) *Phys Ther Rehabil.* 2016; 3(1):3. <http://dx.doi.org/10.7243/2055-2386-3-3>
27. Sancho M.F., Pascoal A.G., Mota P., et al. Abdominal exercises affect inter-rectus distance in postpartum women: a two dimensional ultrasound study. *Physiotherapy.* 2015; 101(3): 286–291. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2015.04.004>
28. Tuttle L.J., Fasching J., Keller A., et al. Noninvasive treatment of postpartum diastasis recti abdominis: a pilot study. *J Womens Health Phys Ther.* 2018; 42(2): 65–75. <https://dx.doi.org/10.1097/JWH.000000000000101>
29. Theodorsen N.M., Strand L.I., Bø K. Effect of pelvic floor and transversus abdominis muscle contraction on inter-rectus distance in postpartum women: a cross-sectional experimental study. *Physiotherapy.* 2019; 105(3): 315–320. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2018.08.009>
30. Radhakrishnan M., Ramamurthy K. Efficacy and challenges in the treatment of diastasis recti abdominis-A scoping review on the current trends and future perspectives. *Diagnostics.* 2022; 12(9): 2044. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12092044>
31. Peters M.D.J., Marnie C., Tricco A.C., et al. Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JB I Evid Synth.* 2020; 18(10): 2119–2126. <https://doi.org/10.11124/jbies-20-00167>
32. Gluppe S.B., Engh M.E., Bø K. Immediate effect of abdominal and pelvic floor muscle exercises on interrecti distance in women with diastasis recti abdominis who were parous. *Phys Ther.* 2020; 100(8): 1372–1383. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzaa070>
33. Dufour S., Bernard S.A., Murray-Davis B., et al. Establishing expert-based recommendations for the conservative management of pregnancy-related diastasis rectus abdominis: a Delphi consensus study. *J Womens Health Phys Ther.* 2019; 43(2): 1. <http://dx.doi.org/10.1097/JWH.000000000000130>
34. Gluppe S.L., Hilde G., Tennfjord M.K., et al. Effect of a postpartum training program on the prevalence of diastasis recti abdominis in postpartum primiparous women: a randomized controlled trial. *Phys Ther.* 2018; 98(4): 260–268. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzy008>
35. Thabet A.A., Alshehri M.A. Efficacy of deep core stability exercise program in postpartum women with diastasis recti abdominis: a randomised controlled trial. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2019; 19(1): 62–68
36. Kim S., Yi D., Yim J. The effect of core exercise using online videoconferencing platform and offline-based intervention in postpartum woman with diastasis recti abdominis. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19(12): 7031. <https://doi.org/10.3390/ijerph19127031>
37. Ema R., Akagi R., Wakahara T., et al. Training-induced changes in architecture of human skeletal muscles: current evidence and unresolved issues. *J Phys Fit Sports Med.* 2016; 5(1): 37–46. <http://dx.doi.org/10.7600/jpfsm.5.37>
38. Arranz-Martín B., Navarro-Brazález B., Sánchez-Sánchez B., et al. The impact of hypopressive abdominal exercise on linea alba morphology women who are postpartum: a short-term cross-sectional study. *Phys Ther.* 2022; 102(8): pzac086. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzac086>
39. Leopold M., Santiago K., Cheng J., et al. Efficacy of a core strengthening program for diastasis rectus abdominis in postpartum women: a prospective observational study. *J Womens Health Phys Ther.* 2021; 45(4): 147–163. <http://dx.doi.org/10.1097/JWH.0000000000000214>

Нейротрофические факторы как маркеры восстановления после инсульта: обзор

 Костенко Е.В.^{1,2},  Петрова Л.В.^{1,*},  Егоров П.Д.¹,  Погонченкова И.В.¹,
 Филиппов М.С.¹

¹ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Представлен обзор исследований, посвященных роли нейротрофических факторов (BDNF, NGF, GDNF, CNTF, NT-3, NT-4/5, IGF-1) и других биомаркеров в прогнозировании и улучшении восстановления после ишемического инсульта (ИИ).

ЦЕЛЬ. Проанализировать данные последних лет о роли нейротрофических факторов (НТФ) в восстановительных процессах после ИИ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА. Включены работы высокого уровня доказательности (рандомизированные контролируемые исследования, метаанализы, систематические обзоры), найденные в базах данных PubMed, Cochrane Library, ClinicalTrials.gov. за 2013–2025 гг. Рассмотрены данные о значении НТФ в различные периоды ИИ, а также влияние физической активности, генетических полиморфизмов и новых терапевтических подходов, направленных на повышение уровней НТФ. Установлен высокий потенциал НТФ для прогнозирования исходов и в оптимизации восстановления после ИИ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Комбинация физической реабилитации с фармакологической модуляцией механизмов НТФ может стать основой новых терапевтических протоколов, улучшающих качество жизни пациентов после инсульта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инсульт, медицинская реабилитация, функциональный исход, нейротрофические факторы, BDNF, факторы риска

Для цитирования / For citation: Костенко Е.В., Петрова Л.В., Егоров П.Д., Погонченкова И.В., Филиппов М.С. Нейротрофические факторы как маркеры восстановления после инсульта: обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):123–139. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-123-139> [Kostenko E.V., Petrova L.V., Egorov P.D., Pogonchenkova I.V., Filippov M.S. Neurotrophic Factors as Markers of Stroke Recovery: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):123–139. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-123-139> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Петрова Людмила Владимировна, E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru, nauka-org@mail.ru

Статья получена: 03.03.2025

Статья принята к печати: 02.04.2025

Статья опубликована: 16.06.2025

Neurotrophic Factors as Markers of Stroke Recovery: a Review

 Elena V. Kostenko^{1,2},  Liudmila V. Petrova^{1,*},  Pavel D. Egorov¹,
 Irena V. Pogonchenkova¹,  Maksim S. Filippov¹

¹ S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. A review of studies on the role of neurotrophic factors: BDNF, NGF, BDNF, NGF, NT-3, NT-4/5, IGF-1 and other biomarkers, in predicting and enhancing ischemic stroke (IS) recovery is presented.

AIM. To analyze recent data on the role of neurotrophic factors in recovery processes post-stroke rehabilitation.

MAIN CONTENT OF THE REVIEW. High-level evidence-based works (randomized controlled trials, meta-analyses, systematic reviews) found in PubMed and Cochrane Library databases are included, ClinicalTrials.gov. for 2013–2025. The data on the importance of neurotrophic factors (NTF) in various periods of IS, as well as the effects of physical activity, genetic polymorphisms, and new therapeutic approaches aimed at increasing NTF levels are considered. NTFs have significant potential for predicting recovery outcomes and optimizing post-stroke rehabilitation.

CONCLUSION. Combining physical rehabilitation with pharmacological strategies targeting NTF mechanisms could lead to innovative therapies to improve stroke survivors' quality of life.

KEYWORDS: stroke, medical rehabilitation, functional outcome, neurotrophic factors, BDNF, risk factors

For citation: Kostenko E.V., Petrova L.V., Egorov P.D., Pogonchenkova I.V., Filippov M.S. Neurotrophic Factors as Markers of Stroke Recovery: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):123–139. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-123-139> (In Russ.).

* **For correspondence:** Liudmila V. Petrova, E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru, nauka-org@mail.ru

Received: 03.03.2025

Accepted: 02.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Ишемический инсульт (ИИ) остается одной из ведущих причин инвалидизации и смертности во всем мире, несмотря на достижения в лечении острого периода заболевания. Восстановление утраченных функций после ИИ — сложный многоэтапный процесс активации нейропластичности, включающий ремиелинизацию, ангиогенез, синаптогенез и нейрогенез, формирование компенсаторных механизмов в непораженных областях мозга [1].

Исследования последних десятилетий показали, что нейротрофические факторы (НТФ) — нейротрофический фактор мозга (BDNF), фактор роста нервов (NGF), глиальный нейротрофический фактор (GDNF), инсулиноподобный фактор роста-1 (IGF-1) и др. — способствуют выживанию нейронов, стимулируют их рост и дифференцировку, участвуют в формировании новых синаптических связей. НТФ являются ключевыми регуляторами нейропластичности, обеспечивая основу для функционального восстановления после повреждений головного мозга [2].

Несмотря на значительный прогресс в понимании роли НТФ в процессе восстановления после ИИ, многие вопросы остаются открытыми. Недостаточно изучены механизмы, посредством которых различные НТФ взаимодействуют друг с другом и сигнальными путями в мозге, неясны временные рамки и оптимальные воздействия для стимуляции НТФ у пациентов с ИИ. Остается дискуссионным вопрос оценки уровней экспрессии различных НТФ *in vivo*, что актуально для мониторинга эффективности реабилитационных мероприятий [3].

ЦЕЛЬ

Проанализировать данные последних лет о роли НТФ в восстановительных процессах после ИИ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА

Методология поиска источников

Проведен комплексный поиск публикаций в базах данных PubMed, Google Scholar, Cochrane Library, ClinicalTrials.gov. Для анализа были выбраны данные высокого уровня доказательности (рандомизированные контролируемые исследования [РКИ], метаанализы, систематические обзоры, крупные экспериментальные исследования) за 2016–2025 гг., один источник 2013 г.

Поиск проводился с использованием трех элементов, связанных оператором AND. Первый элемент включал устоявшиеся названия конкретных НТФ (например, brain derived neurotrophic factor [BDNF] как в полной, так и в сокращенной форме), обозначения понятия НТФ (например, neurotrophic factor, neurotrophins), связанных оператором OR. Второй элемент включал понятия, обозначающие ИИ (stroke, ischemia, infarction). Третий элемент включал понятия, отражающие процессы реабилитации (rehabilitation, rehab, recovery).

Согласно заданным параметрам поиска, найдено 246 источников. После исключения дубликатов, исследований без результатов и нерелевантных работ (рассматривались данные о роли BDNF, NGF, GDNF и других НТФ в восстановлении после ИИ в разные временные периоды) в анализ было включено 40 источников. Методика отбора исследований представлена на рисунке.

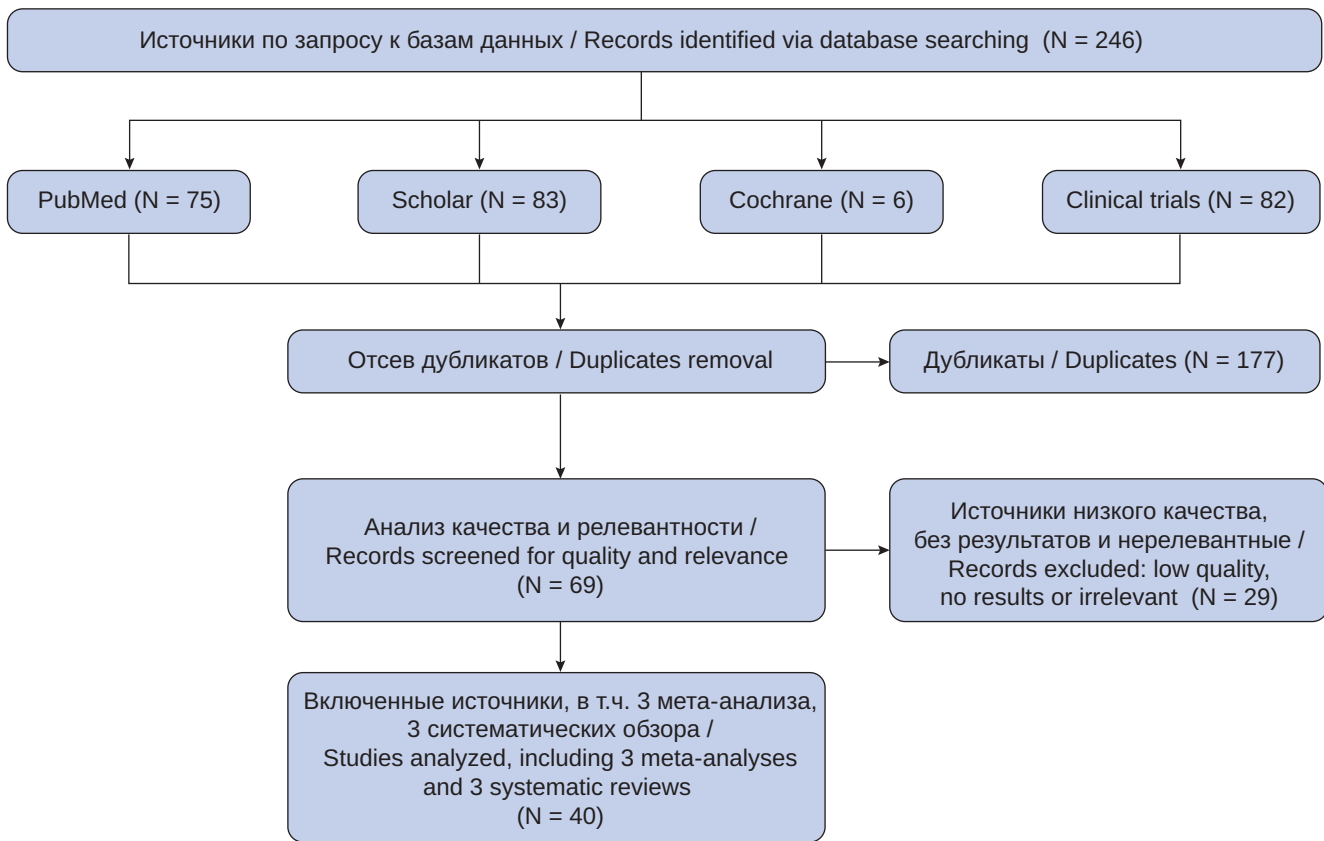


Рис. 1. Блок-схема исследования
Fig. 1. Block diagram of the study

Нейротрофические факторы

НТФ — это полипептидные соединения, обеспечивающие рост, дифференцировку, жизнеспособность нервной ткани и поддержание нейропластичности. Наиболее изученными являются следующие регуляторные белки: NGF, BDNF, НТФ 3 и 4/5 (NT-3, NT-4/5), IGF-1, (GDNF, CNTF) [2–5]. В таблице 1 представлены научные исследования по изучению НТФ при ИИ.

Нейротрофический фактор мозга (BDNF)

BDNF — наиболее распространенный и изученный НТФ в головном мозге взрослого человека, играющий ключевую регуляторную роль в процессах нейропластичности. Связываясь с двумя основными типами рецепторов (TrkB и p75NTR), он повышает экспрессию генов, отвечающих за выживание и дифференцировку нейронов [2]. Имеются данные о влиянии BDNF на модификацию функциональной и структурной пластичности нейронов ГАМК-эргической системы гиппокампа [5]. Молекула BDNF является объектом изучения как в рамках клинических, так и научных экспериментов, включая ее возможное применение в качестве терапевтического агента при лечении и восстановлении пациента с инсультом [6, 7].

Установлено, что в острый период ИИ концентрация BDNF снижается [8], однако мнение о предиктивной значимости BDNF в отношении функциональных исходов ИИ остается неоднозначным. Опубликовано большое число исследований, посвященных роли BDNF как потенциального маркера восстановления после инсульта, направленных на выявление связи между изменением уровня BDNF с реабилитационными вмешательствами и функциональным исходом.

Результаты систематического обзора (28 РКИ) демонстрируют взаимосвязь между уровнем BDNF в первые 3 суток после ИИ с клиническими исходами через 2 и 7 лет: пациенты с низкими уровнями BDNF имеют худшие прогнозы по шкалам mRS (Modified Rankin Scale) и NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale), тогда как более высокие уровни BDNF ассоциированы с благоприятным исходом [9]. Значения BDNF 20,7–21,8 нг/мл рассматриваются как оптимальные для восстановления, концентрация ниже 9,96 нг/мл взаимосвязана с неблагоприятными исходами и повышенной смертностью в течение 3 месяцев после ИИ [9]. Установлено, что увеличение уровня BDNF связано с физической активностью [9–10].

В метаанализе (9 РКИ) изучалась взаимосвязь уровня BDNF в сыворотке крови с тяжестью ИИ и его потенциальное влияние на прогноз функционального восстановления. Выявлена статистически значимая отрицательная корреляция между концентрацией BDNF в острый период и значениями NIHSS ($p = 0,0026$). Уровень BDNF у пациентов с ИИ оказался существенно ниже, чем у контрольной группы (здоровые лица). Полученные данные могут свидетельствовать о потенциальной значимости BDNF как маркера восстановления в острый период ИИ [11].

В систематическом обзоре 62 исследований сравнивались уровни BDNF у пациентов, перенесших инсульт, и у пациентов без ИИ на разных этапах восстановления. Также исследовалась связь между физической активностью, транскраниальной магнитной стимуляцией и наличием депрессии с уровнями BDNF. Результаты показали, что у пациентов с инсультом уровень BDNF был значимо ниже, чем у контрольной группы (SMD [95% ДИ]:

–1,04 [от –1,49 до –0,58]). Различий в концентрации BDNF на ранних и поздних этапах восстановления не обнаружено. У пациентов с депрессией BDNF был ниже в сравнении с теми, кто не страдал депрессией (SMD [95% ДИ]: –0,60 [от –1,10 до –0,10]). Краткосрочное влияние физической активности на BDNF было положительным, долгосрочные эффекты оказались незначительными (SMD [95% ДИ]: 0,02 [от –0,43 до 0,47]). Транскраниальная магнитная стимуляция не оказала заметного влияния на BDNF (SMD = 0,00). Другими работами установлено, что уровни BDNF могут рассматриваться как прогностический фактор развития постинсультной депрессии (ПД), установлена обратная корреляционная связь с вероятностью ее развития через три месяца после ИИ ($r = -0,661, p < 0,001$) [12].

Учитывая роль BDNF в восстановлении нервной ткани, его низкие показатели могут ухудшать процессы регенерации в центральной нервной системе. Имеются сведения, что наличие депрессии угнетает синтез BDNF. Низкий уровень BDNF в острый период ИИ может указывать на риск возникновения ПД у пациентов, ранее не страдавших депрессией [12–13].

Изучению полиморфизма гена BDNF посвящен ряд исследований. Так, согласно метаанализу Liu X., генотип Val66Met AA гена BDNF связан с более медленным восстановлением после ИИ по сравнению с генотипами GA + GG (OR = 1,90; 95% ДИ: 1,17–3,10; $p = 0,010$; $I^2 = 69,2\%$) [14]. Исследование Santoro M. ($n = 49$) выявило, что пациенты с аллелем А-полиморфизма SNP rs6265 гена BDNF демонстрируют более благоприятные результаты восстановления после ИИ (OR = 5,59) [15].

Поиск факторов, стимулирующих выработку BDNF после ИИ, показал, что одним из наиболее перспективных подходов является физическая реабилитация. Было установлено, что аэробные упражнения и тренировка двигательных навыков облегчают высвобождение BDNF в мозге, способствуя нейропластичности и улучшению двигательных функций. Механизмы, лежащие в основе этого эффекта, включают увеличение мозгового кровотока, активацию рецепторов BDNF и усиление синаптической передачи [1, 4, 10–12, 16].

Когнитивная тренировка также влияет на повышение уровня BDNF и улучшение когнитивных функций после ИИ. Упражнения, направленные на улучшение внимания, памяти и исполнительных функций, могут стимулировать нейропластичность и усилить синаптические связи в областях мозга, отвечающие за когнитивные процессы [17, 18].

Из фармакологических вмешательств, которые могут повышать уровень BDNF в мозге и улучшать настроение, когнитивные и двигательные функции после ИИ, рассматриваются антидепрессанты группы селективных ингибиторов обратного захвата серотонина [19, 20]. Агонисты рецепторов тропомиозин-родственной киназы В (TrkB), рецептора BDNF находятся в стадии разработки и тестирования в качестве потенциальных средств для восстановления после ИИ [21].

Необходимы дальнейшие исследования для определения оптимальных доз и режимов введения BDNF или его стимуляторов, а также разработки персонализированных подходов, учитывающих тяжесть и временной период восстановления после инсульта.

Фактор роста нервов (NGF)

NGF связывается с рецепторами TrkA и p75NTR, способствуя регенерации поврежденных аксонов и ангиогенезу, подавлению апоптоза нейронов, поддерживает жизнеспособность нейронов и синаптическую пластичность после ИИ [4].

В острой фазе его уровень в крови повышается, что может оказывать протективное действие в условиях повреждающего процесса. Исследования показывают, что NGF стимулирует реорганизацию нейронных сетей и снижает воспаление, подавляя провоспалительные молекулы IL-6 и TNF- α . Низкий уровень NGF в первые дни после инсульта связан с худшими исходами, замедлением восстановления движений и когнитивных функций [22]. На моделях животных показано, что введение NGF улучшает двигательные функции и уменьшает объем поражения мозга [23].

Luan X. et al. изучали влияние концентрации NGF в крови на функциональное состояние 185 пациентов с ИИ, которым оценивали тяжесть состояния по шкале NIHSS и измеряли уровень NGF. Через три месяца функциональное состояние оценивалось по шкале mRS. Контрольную группу составили 100 здоровых лиц. Результаты показали, что у пациентов с благоприятным исходом (mRS — 0–2 балла) наблюдался более высокий уровень NGF ($9,51 \pm 2,33$ пг/мл) по сравнению с пациентами с менее благоприятными исходами (mRS — 3–6 баллов), у которых уровень NGF был $8,12 \pm 1,61$ пг/мл ($p < 0,001$). Сделан вывод о взаимосвязи концентрации NGF с функциональным восстановлением [24].

Результаты исследования Gu C.-L. et al. нейропротекторных и регенеративных свойств NGF при церебральной ишемии показали его роль в предотвращении гибели нейронов, стимуляции регенерации аксонов и образовании новых кровеносных сосудов при взаимодействии с рецептором TrkA. Эти функции зависят от активации сигнальных путей PI3K/AKT и MAPK. Авторы описали механизмы действия NGF в острый и восстановительный периоды ИИ и предложили способы улучшения его терапевтического эффекта с помощью различных систем доставки, таких как интраназальное введение, нановезикулы и генная терапия [25].

Исследование Colitti N. et al. на биологической модели крыс продемонстрировало улучшение функциональных исходов при интраназальном введении NGF в течение 10 недель, которое связывают с усилением нейрогенеза, нейронной дифференциации и сохранением нейронов субвентрикулярной зоны, а также с репрограммированием реактивных астроцитов в острый и подострый периоды ИИ. В исследовании впервые были использованы MPT-биомаркеры (T2 и диффузионно-взвешенная визуализация) для оценки процессов нейрогенеза и восстановления тканей [26].

He J. et al. оценили изменение уровней NGF, BDNF и IFG-1 у пациентов с ИИ в острый период ($n = 200$). Через четыре недели уровни NGF, BDNF и IFG-1 у пациентов группы наблюдения ($n = 100$, не получали восстановительное лечение) оказались значительно выше ($p < 0,05$), чем в контрольной ($n = 100$, получали стандартное восстановительное лечение). Сделан вывод, что уровни NGF, BDNF и IFG-1 можно рассматривать как потенциальные индикаторы эффективности восстановительного лечения после ИИ [4].

Таблица 1. Научные исследования по изучению нейротрофических факторов при ишемическом инсульте
Table 1. Scientific studies on neurotrophic factors in ischemic stroke

Характеристики включенных исследований / Analyzed studies characteristics					
Исследование / Study	Тип исследования / Type of study	Участники / Study participants	Биомаркеры / Biomarkers	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Xing Y., 2020 [1]	Обзор / Review	Биологические модели ИИ, Пациенты с ИИ / IS biological models, IS patients	BDNF/proBDNF	Аэробные упражнения / Aerobic exercise	Аэробные упражнения в течение 4 недель повышают соотношение mBDNF/proBDNF / Four-week aerobic exercise intervention increases the mBDNF/proBDNF ratio
			VEGF	Упражнения на беговой дорожке / Treadmill exercise	Увеличение экспрессии VEGF непосредственно после инсульта при стимуляции бис(пропил)-когнитивном, антагонистом NMDA-рецепторов / VEGF expression increases immediately after stroke under bis(propyl)-cognitin stimulation, an NMDA receptor antagonist
			BDNF, GAP-43, IGF-1	Различные виды физической нагрузки / Various types of physical activity	Восстановление пареза при физической нагрузке вероятно связано с повышением уровня GAP-43, фосфорилированного по серину 41 (pSer41-GAP-43) и GAP-43 / Motor recovery during physical exercise is likely associated with increased levels of GAP-43 and its serine 41-phosphorylated form (pSer41-GAP-43)
			IGF-1	Аэробные упражнения с когнитивной тренировкой / Aerobic exercise with cognitive training	Повышение уровня IGF-1 в сыворотке крови, улучшение когнитивных способностей у пациентов через 6 месяцев после инсульта. Участие IGF-1 в поведенчески-индуцированной пластичности / Increased serum IGF-1 levels, improved cognitive performance in patients 6 months post-stroke. IGF-1 involvement in behaviorally induced neuroplasticity
Skaper S., 2020 [2]	Обзор / Review	Биологические модели ИИ, нейродегенерации / IS and neurodegeneration biological models	BDNF, NGF, NT-3	Нет / None	НТФ могут быть использованы для лечения нейродегенеративных заболеваний. Внутривенное введение BDNF, конъюгированного с анти-трансферриновым антителом, преодолевает гематоэнцефалический барьер, обеспечивает нейропротекцию / Neurotrophic factors can be used to treat neurodegenerative diseases. Intravenous administration of BDNF conjugated with anti-transferrin antibody crosses the blood-brain barrier and provides neuroprotection

Продолжение таблицы 1 / Table 1 Continued

Характеристики включенных исследований / Analyzed studies characteristics					
Исследование / Study	Тип исследования / Type of study	Участники исследования / Study participants	Биомаркеры / Biomarkers	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Brunelli S., 2023 [3]	Обзор / Review	Более 10 000 пациентов с инсультом, около 3000 пациентов группы контроля, модели ИИ на крысах / over 10 000 stroke patients, about 3000 controls, IS rat models	BDNF, NF-L, легкие белки нейрофиламентов, NSE, S100b, S100, кальцийсвязывающий белок B, тау-белок / BDNF, NF-L, neurofilament light polypeptides, NSE, S100b, S100, calciumbinding protein B, tau protein	Оценка в разные периоды ИИ / Assessment at different stages of IS	Изменения биомаркеров в спинномозговой жидкости и крови отражают степень повреждения мозга и развитие патологических изменений, коррелируют с тяжестью повреждения и активацией репаративных механизмов / Changes in biomarkers in cerebrospinal fluid and blood reflect the degree of brain damage and pathological progression, correlate with the severity of damage and activation of reparative mechanisms
He J., 2023 [4]	РКИ / RCT	200 (100 пациентов основной группы, 100 пациентов — контрольной группы) / 200 patients (100 intervention, 100 control)	NGF, BDNF, IGF-1 и др. / NGF, BDNF, IGF-1, etc.	Мультиомодальная технология в основной группе — 4 недели / Multimodal technology in the intervention group — 4 weeks	NGF, BDNF, IGF-1, HGB, ALB и TRF в основной группе были выше ($p < 0,05$); Fugl — Meyer, показатели шкалы качества жизни (SS-QOL) в группе наблюдения были выше ($p < 0,05$); балл NIHSS в группе наблюдения был ниже ($p < 0,05$) / Levels of NGF, BDNF, IGF-1, hemoglobin (HGB), albumin (ALB), and transferrin (TRF) were significantly higher in the intervention group ($p < 0,05$); Fugl — Meyer and Stroke-Specific Quality of Life Scale (SS-QOL) scores were higher, and NIHSS score was lower in the observation group ($p < 0,05$)
Hernández-del Caño C., 2024 [5]	Обзор / Review	Биологическая модель ИИ / IS biological model	BDNF	Нет / None	Влияние BDNF на ГАМК-ергические нейроны коры и полосатого тела, нарушения их экспрессии или сигнализации — распространенный механизм в патофизиологии заболеваний мозга / BDNF affects GABAergic neurons in the cortex and striatum; impaired BDNF expression or signaling is a common mechanism in the pathophysiology of brain disorders
Liu W., 2020 [6]	Обзор / Review	Биологическая модель ИИ / IS biological model	BDNF	Терапевтические стратегии не указаны / Therapeutic strategies not specified	BDNF стимулирует нейропластичность при реабилитации после инсульта. Показаны возможности использования BDNF как терапевтического агента при лечении инсульта / BDNF stimulates neuroplasticity during post-stroke rehabilitation. Its potential use as a therapeutic agent for stroke treatment is being explored

Характеристики включенных исследований / Analyzed studies characteristics					
Исследование / Study	Тип исследования / Type of study	Участники исследования / Study participants	Биомаркеры / Biomarkers	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Sims-Knight C., 2022 [7]	Обзор / Review	Более 1600 с ИИ и черепно-мозговой травмой в разные периоды восстановления / Over 1600 with IS and traumatic brain injury, various recovery stages	BDNF, NGF	Различные терапевтические стратегии, изучение генетики, данных нейровизуализации / Various therapeutic strategies, genetic and neuroimaging data analysis	BDNF и NGF играют роль в повышении нейрогенеза и функционального восстановления после инсульта и черепно-мозговой травмы. BDNF и NGF играют синергетическую роль в двигательном обучении и когнитивном восстановлении / BDNF and NGF contribute to enhanced neurogenesis and functional recovery following stroke and TBI. They act synergistically in motor learning and cognitive rehabilitation
Moghanlou A., 2023 [27]	Экспериментальное / experimental	Биологическая модель ИИ / IS biological model	NT-3, NT-4, TrkB, TrkC	Тредмил-тест за 8 недель до ишемии / Treadmill-test exercise 8 weeks before ischemia	Экспрессия генов NT-3, NT-4, TrkB и TrkC и уровни их белков были выше в группе с физической активностью по сравнению с группой без физической активности ($p < 0.05$) / Gene expression and protein levels of NT-3, NT-4, TrkB, and TrkC were significantly higher in the group with physical activity compared with the group without physical activity ($p < 0.05$)
Hayes C., 2021 [37]	Обзор / Review	Пациенты с ИИ (3600) и контрольная группа без ИИ (3000), биологические модели ИИ / IS patients (3.600), control group without IS (3000), IS biological models	IGF-1	Различные виды физических упражнений / Various types of physical exercise	Получена корреляция IGF-1 до или во время ИИ с показателями смертности. Низкий уровень IGF-1 ассоциирован с высоким риском инсульта. Уровни IGF-1 обратно пропорциональны неврологическому дефициту, отрицательно коррелируют с постинсультной депрессией, хронической усталостью, нарушением сна, мышечной атрофией / Correlation of IGF-1 before or during IS with mortality rates was obtained. Low IGF-1 was associated with higher stroke risk. IGF-1 levels were inversely related to neurological deficit and negatively correlated with post-stroke depression, chronic fatigue, sleep disturbances, and muscle atrophy
Zhang Z., 2021 [31]	Обзор / Review	Биологическая модель ИИ / IS biological model	Нейротрофический фактор из глиальной линии клеток (GDNF) / Glial cell line-derived neurotrophic factor (GDNF)	Нет / None	После ИИ повышается уровень GDNF, что может ингибировать эксайтотоксичность, апоптоз, окислительный стресс и модулировать синаптическую потерю нейронов, способствуя выживанию нейронов и восстановлению мозга, улучшая исход инсульта / Post-stroke increase in GDNF levels can inhibit excitotoxicity, apoptosis, and oxidative stress, as well as modulate synaptic loss, thereby promoting neuronal survival, brain repair, and improved stroke outcomes

Продолжение таблицы 1 / Table 1 Continued

Характеристики включенных исследований / Analyzed studies characteristics					
Исследование / Study	Тип исследования / Type of study	Участники исследования / Study participants	Биомаркеры / Biomarkers	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Shahnawaz A., 2024 [9]	Систематический обзор / Systematic review	28 исследований, пациенты с ИИ / 28 studies, IS patients	BDNF, металлопротеиназы MMP-3, MMP-9, MMP-12, легкая цепь нейрофиламента (NFL), тиоредоксин, оментин-1, нетрин-1 / BDNF, metalloproteinases MMP-3, MMP-9, MMP-12, neurofilament light chain (NFL), thioredoxin, omentin-1, netrin-1	Реабилитационные мероприятия не указаны / Rehabilitation activities not specified	BDNF через 72 часа после ИИ коррелирует с исходом через 2 и 7 лет. Высокий BDNF (> 20,7–21,8 нг/мл) — предиктор благоприятного исхода, низкий (< 9,96 нг/мл) — неблагоприятного. MMP-12 и MMP-9 связаны с плохим восстановлением, MMP-3 — с хорошим. Высокий уровень NFL через 3 и 6 месяцев после ИИ связан с худшим прогнозом по mRS и NIHSS. Высокий уровень нетрина-1 связан с хорошим прогнозом через 3 месяца после ИИ. Низкий уровень оментина-1 — ухудшение исходов, высокий уровень — благоприятный исход через 3 месяца после ИИ. Высокий уровень тиоредоксина связан с неблагоприятным исходом ИИ / BDNF levels at 72 hours post-stroke correlate with outcomes at 2 and 7 years. High BDNF (> 20.7–21.8 ng/mL) predicts favorable outcome, while low levels (< 9.96 ng/mL) predict poor outcome. MMP-12 and MMP-9 are associated with poor recovery; MMP-3 with favorable recovery. Elevated NFL levels at 3 and 6 months after stroke are linked to worse prognosis based on mRS and NIHSS. Higher netrin-1 levels are associated with favorable outcomes at 3 months. Low omentin-1 correlates with poor outcomes, while high levels indicate favorable prognosis. Elevated thioredoxin is associated with poor stroke outcomes
Ashcroft S., 2022 [10]	Систематический обзор и метаанализ / Systematic review and meta-analysis	687 пациентов (17 исследований) / 687 patients (17 studies)	BDNF	Различные виды физической нагрузки / Various types of physical activity	Значимое повышение концентрации BDNF после одного сеанса реабилитации (2,49 нг/мл; 95% ДИ: 1,10–3,88) и интенсивных аэробных упражнений (3,42 нг/мл; 95% ДИ: 1,92–4,92) / Significant increase in BDNF concentration after a single rehabilitation session (2.49 ng/mL; 95% CI: 1.10–3.88) and after intensive aerobic exercise (3.42 ng/mL; 95% CI: 1.92–4.92)
Karantali E., 2021 [11]	Систематический обзор и метаанализ / Systematic review and meta-analysis	26 исследований, метаанализ 9 исследований / 26 studies, meta-analysis of 9 studies	BDNF	Нет / None	Наблюдается отрицательная корреляция между уровнями NIHSS и BDNF в острой фазе инсульта (95% ДИ: –0,4725; –0,1082, z = –3,01, p = 0,0026). Уровень BDNF был значимо ниже у пациентов с острым ИИ по сравнению со здоровыми лицами / Negative correlation between NIHSS and BDNF levels in the acute phase of stroke (95 % CI: –0.4725; –0.1082), z = –3.01, p = 0.0026). The BDNF level was significantly lower in patients with acute IS compared with healthy controls

Характеристики включенных исследований / Analyzed studies characteristics					
Исследование / Study	Тип исследования / Type of study	Участники исследования / Study participants	Биомаркеры / Biomarkers	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Mojtabavi H., 2022 [12]	Систематический обзор и метаанализ / Systematic review and meta-analysis	3047 пациентов (62 исследования), из них 1856 пациентов с ИИ / 3047 patients (62 studies), including 1856 IS patients	BDNF	Различные виды физических упражнений / Various types of physical activity	Низкие уровни BDNF у пациентов с ИИ (SMD [95% ДИ] = -1,04 [от -1,49 до -0,58]). Нет корреляции уровня BDNF со временем после ИИ. Уровни BDNF ниже у пациентов с депрессией (SMD [95% ДИ] = -0,60 [от -1,10 до -0,10]). Физические тренировки повышают BDNF, но не оказывают долгосрочного эффекта; SMD [95% ДИ] = 0,49 [0,09-0,88]) и SMD [95% ДИ] = 0,02 [-0,43-0,47]). rTMS не влияет на уровень BDNF / Low BDNF levels were observed in IS patients (SMD [95% CI] = -1.04 [from -1.49 to -0.58]). No correlation are found between BDNF levels and time after stroke. BDNF levels are lower in patients with depression (SMD [95% CI] = -0.60 [from -1.10 to -0.10]). Physical training increases BDNF, but has no long-term effect. (SMD [95% CI] = 0.49 [0.09-0.88] and SMD [95% CI] = 0.02 [-0.43-0.47]). rTMS does not affect the BDNF level
					NSE, BDNF и CNTF — независимые факторы, влияющие на постинсультную депрессию у пациентов с ИИ, NSE — фактор риска (отношение шансов [OR] > 1, $p < 0,05$), BDNF и CNTF — защитные факторы (OR < 1, $p < 0,05$) / NSE, BDNF and CNTF are independent factors influencing post-stroke depression in patients with IS, NSE is a risk factor (odds ratio [OR] > 1, $p < 0.05$), BDNF and CNTF are protective factors (OR < 1, $p < 0.05$)
Zhou B., 2024 [13]	Обсервационное / observational	106 пациентов с ИИ и раком / 106 IS patients with cancer	BDNF, NSE, CNTF	Нет / None	
Santoro M., 2020 [15]	Обсервационное / observational	49 пациентов, из них 36 с ИИ и 13 с геморрагическим инсультом / 49 patients, 36 of them with IS and 13 with hemorrhagic stroke	Генотипирование BDNF rs6265 / BDNF rs6265 genotyping	Физиотерапия, эрготерапия, роботизированная терапия верхней конечности / Physiotherapy, occupational therapy, robotic upper limb therapy	Аллель А связан с более благоприятными исходами / A-allele is associated with more favorable outcomes
Liu X., 2021 [14]	Систематический обзор / Systematic review	25 исследований / 25 studies	Полиморфизм нуклеотидов в гене BDNF / BDNF gene nucleotide polymorphism	Не указано / Not specified	У пациентов с генотипом Val66Met AA исход может быть хуже, чем у носителей генотипов GA+GG (OR = 1,90; 95% ДИ: 1,17-3,10; $p = 0,010$; $I^2 = 69,2\%$) / Patients with the Val66Met AA genotype may have worse outcomes compared to carriers of GA+GG genotypes (OR = 1.90; 95% CI: 1.17-3.10; $p = 0.010$; $I^2 = 69.2\%$)

Продолжение таблицы 1 / Table 1 Continued

Характеристики включенных исследований / Analyzed studies characteristics					
Исследование / Study	Тип исследования / Type of study	Участники исследования / Study participants	Биомаркеры / Biomarkers	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Widodo J., 2016 [22]	Кросс-секционное / Cross-sectional	46 пациентов с ИИ / 46 IS patients	NGF, BDNF	Нет / None	В острый период уровень NGF увеличивается, постепенно снижаясь к 30-му дню. Уровень BDNF исходно низкий, повышался с 14-го дня, продолжал повышаться в течение 30 дней / NGF levels increase during the acute phase and gradually decrease by day 30. BDNF levels are initially low, rising from day 14 and continuing after 30 days
Li X., 2018 [23]	Экспериментальное / Experimental	Биологическая модель ИИ / IS biological model	NGF	Интраназальное введение NGF, 6 суток / Intranasal admission of NGF, 6 days	Интраназальное введение NGF улучшило неврологический функциональный исход и уменьшило объем инфаркта мозга / Intranasal administration of NGF improved neurological functional outcomes and reduced infarct volume
Luan X., 2019 [24]	Обсервационное / Observational	185 пациентов с острым ИИ, 100 здоровых испытуемых / 185 acute IS patients, 100 healthy controls	NGF	Нет / None	Концентрация NGF в сыворотке выше в группе с хорошим функциональным результатом (mRS 0–2), чем в группе с плохим функциональным результатом (mRS 3–6) (9.51 ± 2.33 vs. 8.12 ± 1.61, <i>p</i> < 0.001). Концентрация NGF у здоровых ниже, чем у пациентов с острым ИИ (<i>p</i> < 0.001). Высокая концентрация NGF (> 9.21 ng/L) связана с лучшим прогнозом через 3 месяца (OR = 0.048; 95% ДИ: 0.012–0.185, <i>p</i> < 0.001) / Serum NGF concentration is higher in the group with favorable functional outcome (mRS 0–2) compared to the poor outcome group (mRS 3–6) (9.51 ± 2.33 vs. 8.12 ± 1.61, <i>p</i> < 0.001). NGF levels are lower in healthy controls than in patients with acute IS (<i>p</i> < 0.001). A high NGF concentration (> 9.21 ng/L) is associated with a better 3-month prognosis (OR = 0.048; 95% CI: 0.012–0.185, <i>p</i> < 0.001)
Colitti N., 2022 [26]	Экспериментальное / Experimental	Биологическая модель ИИ (24 крысы) / IS biological model (24 rats)	NGF	Интраназальное введение в течение 10 недель / Intranasal admission over 10 weeks	Наблюдается нейрогенез на 2-й и 3-й месяцы. Реконструкция ткани установлена на T2-взвешенной МРТ на 8-й и 12-й неделе и подтверждена гистологией. NGF значимо увеличил процент зрелых нейронов (19 % против 7 %). Нет связи NGF с сенсомоторным восстановлением / Neurogenesis for 2 and 3 months. Tissue reconstruction was detected on T2-weighted MRI at weeks 8 and 12 and confirmed histologically. NGF significantly increased the proportion of mature neurons (19 % vs 7 %). No association was found between NGF and sensorimotor recovery

Продолжение таблицы 1 / Table 1 Continued

Характеристики включенных исследований / Analyzed studies characteristics					
Исследование / Study	Тип исследования / Type of study	Участники исследования / Study participants	Биомаркеры / Biomarkers	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Chung J.-Y., 2017 [27]	Экспериментальное / Experimental	Биологическая модель ИИ (59 крыс) / IS biological model (59 rats)	NT-3, TrkC	Тредмил-тест 12 дней после ишемии / Treadmill-test for 12 days post-ischemia	Экспрессия TrkC увеличивалась при упражнениях на беговой дорожке, но снижалась в ипсилатеральной области. Упражнения увеличивали экспрессию TrkC в контралатеральной области / TrkC expression increased during treadmill exercise, but decreased in the ipsilateral region. Exercise increased TrkC expression in the contralateral region
		Биологическая модель ИИ (59 крыс) / IS biological model (59 rats)		Тредмил-тест 12 дней после ишемии / Treadmill-test for 12 days after ischemia	Ишемия снизила экспрессию NT-4 и TrkB. Упражнения на беговой дорожке увеличили экспрессию NT-4 и TrkB / Expression of NT-4 and TrkB was reduced by ischemia and increased by treadmill exercise
Chung J.-Y., 2013 [28]	Экспериментальное / Experimental	Биологическая модель ИИ (12 мышей) / IS biological model (12 mice)	GDNF	Нет / None	Низкая концентрация GDNF увеличивает зону ишемии и ухудшает долгосрочные последствия инсульта / Low GDNF concentration is associated with enlargement of the ischemic area and worsening of long-term stroke outcomes
Куракина А.С., 2021 [33]	Обсервационное / Observational	50 пациентов с острым ИИ и 20 здоровых лиц / 50 acute IS patients and 20 healthy controls	GDNF	Нет / None	У пациентов с ИИ уровень GDNF выше (3,4 [2,8; 5,0] пг/мл), чем у здоровых (2,8 [2,6; 2,9] пг/мл), $p = 0,02$. Риск неблагоприятного исхода на 14-е сутки в 2,8 раза выше при повышении GDNF более чем на 30 % за 7 дней (OR = 2,8; 95% ДИ: 1,4–5,7). Летальный исход в первые 14 дней в 6,7 раза вероятнее при GDNF менее 2,9 пг/мл в первые 48 часов (OR= 6,7; 95 % ДИ: 1,5–30,5) / In IS patients, GDNF levels were significantly higher (3.4 [2.8; 5.0] pg/mL) than in healthy controls (2.8 [2.6; 2.9] pg/mL), $p = 0.02$. A > 30 % increase in GDNF within 7 days was associated with a 2.8-fold higher risk of unfavorable outcome at day 14 (OR = 2.8; 95% CI: 1.4–5.7). GDNF < 2.9 pg/mL in the first 48 hours was associated with a 6.7-fold increased risk of death within 14 days (OR = 6.7; 95% CI: 1.5–30.5)
		60 пациентов с острым ИИ / 60 acute IS patients			Наблюдается значительная корреляция между сывороточным уровнем IGF-1 и баллами MRS ($p = 0,020$; $r = -0,32$). Высокие уровни IGF-1 связаны с лучшим результатом в течение 12 месяцев / A significant correlation was found between serum IGF-1 levels and mRS scores ($p = 0.020$; $r = -0.32$). Higher IGF-1 levels were associated with better 12-month outcomes

Характеристики включенных исследований / Analyzed studies characteristics					
Исследование / Study	Тип исследования / Type of study	Участники исследования / Study participants	Биомаркеры / Biomarkers	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Aberg N., 2018 [40]	Обсервационное / Observational	354 пациента с ИИ / 354 IS patients	IGF-1	Не указано / Not specified	Изменения уровней s-IGF-I через 3 месяца, ассоциации с долгосрочными 2-летними результатами незначительные / Changes in s-IGF-I levels at 3 months showed no significant associations with long-term 2-year outcomes
Ploughman M., 2019 [18]	РКИ / RCT	52 пациента в поздний восстановительный период ИИ / 52 chronic IS patients	IGF-1, BDNF	Аэробная физическая нагрузка с когнитивным тренингом / Aerobic physical exercise with cognitive training	Уровень BDNF не изменился. Повышение IGF-1 ассоциировалось с улучшением когнитивной функции, в том числе при долгосрочном наблюдении / No change in BDNF levels was observed. An increase in IGF-1 was associated with improved cognitive function, including during long-term follow-up
Armbrust M., 2016 [39]	Обсервационное / Observational	404 пациента с ИИ / 404 IS patients	IGF-1	Нет / None	Низкие уровни IGF-1 (день 8) связаны с уменьшением риска неблагоприятного исхода (OR = 0,61; 95% ДИ: 0,37–0,99; p = 0,044). Низкие уровни IGFBP-3 и высокие уровни IGF-1 в подострой фазе — предикторы неблагоприятного исхода через 3 месяца после инсульта / Low IGF-1 levels on day 8 were associated with reduced risk of unfavorable outcome (OR = 0.61; 95% CI: 0.37–0.99; p = 0.044). Low IGFBP-3 and high IGF-1 levels in the subacute phase were predictive of unfavorable 3-month outcomes after stroke
Neeraj S., 2021 [41]	Систематический обзор / Systematic review	215 пациентов (9 исследований) / 215 patients (9 studies)	BDNF, IGF-1, VEGF, кортизол, интерлейкин 6, миелопероксидаза / BDNF, IGF-1, VEGF, cortisol, interleukin 6, myeloperoxidase	Различные виды аэробных тренировок / Various types of physical activity	Один сеанс высокоинтенсивной интервальной тренировки значительно увеличивает BDNF, IGF-1 и VEGF. Тренировки (40–45 минут, 24 сеанса, 8 недель) увеличивают уровень BDNF / A single session of high-intensity interval training significantly increased BDNF, IGF-1, and VEGF levels. Training sessions (40–45 minutes, 24 sessions over 8 weeks) increase BDNF levels
Guo D., 2019 [42]	Обсервационное / Observational	3346 пациентов с острым ИИ / 3346 acute IS patients	Нетрин-1	Нет / None	Повышенные уровни нетрина-1 в сыворотке связаны с улучшением прогноза через 3 месяца после ИИ и снижением риска смертности / Elevated serum netrin-1 levels were associated with improved 3-month prognosis after IS and reduced mortality risk
Xu T., 2018 [43]	Обсервационное / Observational	266 пациентов с острым ИИ / 266 acute IS patients	Оментин-1	Нет / None	Высокие исходные уровни оментина-1 отрицательно связаны с худшим функциональным исходом / Higher baseline omentin-1 levels were inversely associated with worse functional outcomes

Характеристики включенных исследований / Analyzed studies characteristics					
Исследование / Study	Тип исследования / Type of study	Участники исследования / Study participants	Биомаркеры / Biomarkers	Вмешательство / Intervention	Результат / Result
Tiedt S., 2018 [44]	Обсервационное / Observational	291 пациент с ИИ (196 — в ранний восстановительный период, 95 — в поздний восстановительный период), 30 здоровых лиц / 291 IS patients (196 — subacute, 95 — chronic), 30 healthy controls	NFL	Нет / None	У пациентов с ИИ сывороточный NFL был выше, чем у здоровых, до 6 месяцев после инсульта, достигая пика на 7-й день (211,2 пг/мл) и коррелируя с объемом инсульта. Через 6 месяцев пациенты с рецидивирующим ИИ имели более высокий NFL. NFL через 6 месяцев коррелировал с нейродегенерацией по MPT, получена прямая положительная связь между показателями NFL на 7 день и баллами шкалы Рэнкин через 3 месяца после инсульта / Serum NFL levels were higher in IS patients than in healthy individuals for up to 6 months post-stroke, peaking on day 7 (211.2 pg/mL) and correlating with infarct volume. At 6 months, patients with recurrent IS had higher NFL levels. NFL at 6 months correlated with MRI-based neurodegeneration and independently predicted 3-month mRS scores when measured on day 7
		457 пациентов с ИИ / 457 IS patients	NSE	Нет / None	
Gao L., 2018 [45]	Обсервационное / Observational	80 пациентов с острым ИИ, 20 пациентов с хронической ишемией головного мозга / 80 acute IS patients, 20 patients with chronic brain ischemia	NSE, BDNF, белок p53 / NSE, BDNF, p53 protein	Не указано / Not specified	У пациентов с благоприятным течением ИИ — низкие NSE и рост BDNF к 10-м суткам. При неблагоприятном течении — высокие NSE и стабильный BDNF. Инвалидизация в ранний период коррелирует с уровнями NSE и BDNF. Тяжесть неврологического дефицита через 12 месяцев обратно коррелирует с уровнем BDNF в сыворотке крови / NSE levels were low and BDNF levels increased by day 10 in patients with favorable IS outcomes. NSE levels were high and BDNF remained stable in patients with unfavorable outcomes. Early disability correlated with NSE and BDNF levels. At 12 months, neurological deficit severity was inversely correlated with serum BDNF levels

Примечание: ИИ — ишемический инсульт; ДИ — доверительный интервал; OR — отношение шансов; SMD — стандартизированная средняя разница; BDNF — мозговой нейротрофический фактор роста; proBDNF — промозговой нейротрофический фактор роста; CNTF — цилиарный нейротрофический фактор; GDNF — глиальный нейротрофический фактор; IGF-1 — инсулиноподобный фактор роста-1; NFL — легкая цепь нейрофиламента; NGF — фактор роста нервов; NSE — нейронспецифическая эналаза; NT-3 — нейротрофин-3; NT-4 — нейротрофин-4; TrkA — тропомиозин-рецепторная киназа A; TrkB — тропомиозин-рецепторная киназа B; TrkC — тропомиозин-рецепторная киназа C; VEGF — фактор роста эндотелия сосудов; GAP-43 — белок, связанный с ростом-43; HGB — гемоглобин; ALB — альбумин; TRF — трансферрин; MMP — матриксная металлопротеиназа; rTMS — ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция; MPT — магнитно-резонансная томография.

Note: IS — ischemic stroke; CI — confidence interval; OR — odds ratio; SMD — standardized mean difference; BDNF — cerebral neurotrophic growth factor; proBDNF — pro-cerebral neurotrophic growth factor; CNTF — ciliary neurotrophic factor; GDNF — glial neurotrophic factor; IGF-1 — insulin-like growth factor-1; NFL — neurofilament light chain; NGF — nerve growth factor; NSE — neuron-specific enolase; NT-3 — neurotrophin-3; NT-4 — neurotrophin-4; TrkA — tropomyosin-receptor kinase A; TrkB — tropomyosin-receptor kinase B; TrkC — tropomyosin-receptor kinase C; VEGF — vascular endothelial growth factor; GAP-43 — growth-related protein-43; HGB — hemoglobin; ALB — albumin; TRF — transferrin; MMP — matrix metalloproteinase; rTMS — rhythmic transcranial magnetic stimulation; MRI — magnetic resonance imaging.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на уточнение динамики NGF в подострый и хронический периоды, его взаимодействие с другими маркерами (BDNF, цитокины) и изучение прогностической роли в отношении восстановления нарушенных функций.

Нейротрофические факторы 3 и 4/5 (NT-3, NT-4/5)

NT-3 и NT-4/5, действуя через TrkC и TrkB, поддерживают жизнеспособность, дифференциацию, миелинизацию и нейропластичность нейронов центральной и периферической нервной системы, улучшая двигательные и когнитивные функции. NT-3 способствует выживанию моторных нейронов и восстановлению двигательной активности после инсульта. NT-4/5, подобно BDNF, участвует в нейропластичности и нейрогенезе в гиппокампе, улучшая память [8, 9, 27]. Дефицит этих факторов может снизить реабилитационные эффекты, но их прогностическое значение при инсульте неясно.

В последнее время исследуется роль НТФ при инсульте и возможность повышения их концентрации *in vivo*. Установлено, что физическая активность усиливает экспрессию NT-3, NT-4/5 и их рецепторов, что коррелирует с функциональными исходами ИИ [8, 28, 29]. Эти исследования создают основу для дальнейшего изучения NT-3, NT-4/5 как потенциальных маркеров восстановления после инсульта.

Глиальный НТФ (GDNF)

GDNF является представителем семейства трансформирующих факторов роста β . Первоначально идентифицированный как фактор выживания дофаминергических нейронов, он играет ключевую роль в восстановлении мозга после ИИ. GDNF, связываясь с комплексом рецепторов RET/GFR α 1, участвует в дифференцировке дофаминергических, моторных, энтеральных и адреналовых нейронов, а также стимулирует аксональный рост некоторых из этих типов нейронов. При ИИ его экспрессия увеличивается в реактивных астроцитах перинфарктной зоны, где он способствует снижению окислительного стресса, стимулирует нейрогенез и формирование глиального рубца, ограничивающего зону повреждения. В моторных нейронах (MNs) GDNF не только стимулирует их пролиферацию и созревание, но и участвует в регенерации поврежденных аксонов и модуляции активности нервно-мышечных синапсов [30], стимулирует нейрогенез [31]. Дефицит GDNF в астроцитах усугубляет повреждения: увеличивается объем инфаркта и гибель нейронов, нарушается нейрогенез, снижается пролиферация клеток в перинфарктной зоне [32].

Исследование Куракиной А.С. и соавт. показало, что уровень GDNF в плазме крови пациентов с ИИ в первые 48 часов и его динамика в течение первой недели коррелируют с тяжестью инсульта и его исходами. Высокий уровень GDNF в начале заболевания ассоциирован с риском неблагоприятного исхода в 2,8 раза, а показатели GDNF ниже 2,9 пг/мл — с риском летального исхода в 6,7 раза. Определение уровня GDNF предложено для прогнозирования исходов ИИ [33].

Цилиарный НТФ (CNTF)

CNTF относится к семейству цитокинов IL-6, действие которого осуществляется при связывании с рецептором CNTFR α . CNTF поддерживает клетки центральной и периферической нервной системы, включая гиппокампальные, моторные и сенсорные нейроны, предотвращает дегенерацию моторных аксонов после их повреждения, способствует дифференцировке астроцитов и созреванию олигодендроцитов [34, 35].

Существует предположение, что CNTF может влиять на эмоциональное поведение животных через регуляцию нейротрансмиссии [36]. Так, в исследовании Zhou B., включавшем 106 пациентов с ИИ, ассоциированным с онкологическими заболеваниями, оценивали значимость CNTF и других маркеров в прогнозировании постинсультной депрессии. Была выявлена обратная корреляция между уровнями CNTF в острый период ИИ и развитием ПД ($r = -0,401$, $p = 0,007$) [13].

Имеющиеся исследования демонстрируют роль CNTF в реабилитации после инсульта, предлагая использовать его как маркер для оценки регенеративных процессов.

Инсулиноподобный фактор роста-1 (IGF-1)

IGF-1 относится к полипептидам, главным образом производимым и секретируемым гепатоцитами в кровотоке, где он оказывает системные эффекты, реализуя способность проникать через гематоэнцефалический барьер. Связывание IGF-1 с рецептором IGF-1R нейронов активирует сигнальные пути PI3K/Akt и MAPK/ERK, что повышает выживаемость нейронов и защищает их от апоптоза. IGF-1 стимулирует ангиогенез, увеличивая количество кровеносных сосудов и улучшая кровоснабжение поврежденных участков мозга [37], что позволяет рассматривать его как один из потенциальных маркеров восстановления пациентов после ИИ.

Исследования *in vivo* и клинические исследования показывают, что низкие уровни IGF-1 при инсульте коррелируют с более высокими баллами NIHSS. Пациенты с благоприятными исходами по mRS в ранний восстановительный период ИИ имеют более высокие уровни IGF-1 в сыворотке крови [38–40]. Однако восстановление возможно и при низких уровнях IGF-1, что требует дальнейших исследований для определения прогностической значимости IGF-1 при ИИ [18, 39].

Систематический обзор 9 исследований (215 пациентов с ИИ) показал, что высокоинтенсивные аэробные тренировки значительно повышают уровни IGF-1 и BDNF ($p < 0,05$), улучшая когнитивные и моторные функции ($p < 0,05$). Эти результаты подтверждают возможность использования этих факторов в качестве биомаркеров для оценки эффективности реабилитации после ИИ [41].

Прочие НТФ и маркеры ИИ

Исследования других биомаркеров восстановления, таких как нетрин-1, оментин-1 и легкая цепь нейрофиламента (NFL), каждый из которых потенциально обладает прогностической ценностью для оценки исходов инсульта [42–44], показали, что высокие концентрации NFL в сыворотке крови через 3 и 6 месяцев после ин-

сульта ассоциировались с неблагоприятным прогнозом согласно mRS и NIHSS [9, 44].

У пациентов с ИИ уровень NSE прямо коррелирует с тяжестью состояния и вероятностью неблагоприятного исхода [45]. Чуканова А.С. и соавт. выявили положительную связь уровня NSE на 10-е сутки с тяжестью состояния пациентов с ИИ без гипертензии в ранний восстановительный период. Подтверждена прогностическая значимость NSE для развития ПД у пациентов с онкологическими заболеваниями ($r = 0,564$, $p < 0,05$) [8].

NSE может рассматриваться как перспективный маркер для прогнозирования восстановления пациентов после ИИ, включая оценку риска неблагоприятных исходов в группах, отличающихся по клинико-функциональным характеристикам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нейротрофические факторы (BDNF, NGF, NT-3, NT-4/5, GDNF и IGF-1) могут рассматриваться в качестве прогностических предикторов восстановления после инсульта.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Костенко Елена Владимировна, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы; невролог, профессор кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0629-9659>

Петрова Людмила Владимировна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, невролог, заведующий отделом медицинской реабилитации, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы.

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

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

Егоров Павел Дмитриевич, младший научный сотрудник, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0238-1604>

Погонченкова Ирэна Владимировна, доктор медицинских наук, доцент, директор, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы.

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

Филиппов Максим Сергеевич, заведующий филиалом № 3, врач физической реабилитационной медицины, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9522-5082>

Тем не менее их прогностическая значимость влияния на функциональное восстановление после инсульта пока изучена недостаточно. Основное внимание в большинстве исследований этих НТФ сейчас уделяется их функциям в процессе реабилитации. Имеющиеся данные указывают на наличие у них потенциала в прогнозировании исходов заболевания.

Анализ научных публикаций выявил неоднородность методологий изучения НТФ при инсульте, что затрудняет сопоставление данных. Необходима разработка стандартизированных подходов к оценке НТФ. Современные исследования направлены на поиск методов терапевтического использования НТФ (рекомбинантные белки, генная терапия, мультимодальные препараты, инновационные лекарственные средства, нанотехнологии), что может улучшить исходы инсульта. Комбинация физической реабилитации и фармакологических агентов, модулирующих нейротрофические пути, обещает стать основой персонализированной терапии, улучшая реабилитацию и качество жизни пациентов.

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: Костенко Е.В. — руководство проектом, методология, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Егоров П.Д. — научное обоснование, верификация данных, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Погонченкова И.В. — руководство проектом, проверка и редактирование рукописи; Петрова Л.В. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Филиппов М.С. — проверка и редактирование рукописи.

Источники финансирования. Данное исследование выполнено в соответствии с Государственным заданием Департамента здравоохранения города Москвы, регистрационный номер № 123041200084–9.

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 им. С.И. Спасокукоцкого» Департамента здравоохранения города Москвы (протокол № 3 от 15.05.2023).

Информированное согласие. В исследовании не раскрывается сведений, позволяющих идентифицировать личность пациентов. От всех пациентов (законных представителей) было получено письменное согласие на публикацию всей соответствующей медицинской информации, включенной в рукопись.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Elena V. Kostenko, D.Sc. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific Work, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department; Neurologist, Professor at the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Pirogov Russian National Research Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0629-9659>

Ljudmila V. Petrova, Ph.D. (Med.), Head of Department of Medical Rehabilitation, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

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

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

Pavel D. Egorov, Junior Research Assistant, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0238-1604>

Irena V. Pogonchenkova, D.Sc. (Med.), Director, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

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

Maxim S. Filippov, D.Sc. (Phys.), Head of Branch No. 3., S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9522-5082>

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: Kostenko E.V. — project administration; methodology; writing — review & editing; Egorov P.D. — conceptualization; formal analysis; validation; writing — review & editing; Petrova L.V. — writing — original draft; Pogonchenkova I.V. — project administration; writing — review & editing; Filippov M.S. — writing — original draft.

Funding. This study was performed in accordance with the State Assignment of the Moscow City Department of Health, registration number No. 123041200084-9.

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 S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department (Protocol No. 3 dated 15.05.2023).

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patient(s). Written consent was obtained from all patients (legal representatives) for publication of all relevant medical information included in the manuscript.

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

Список литературы / References

- Xing Y., Bai Y. A Review of Exercise-Induced Neuroplasticity in Ischemic Stroke: Pathology and Mechanisms. *Mol Neurobiol.* 2020; 57(11): 4218–4231. <https://doi.org/10.1007/s12035-020-02021-1>
- Skaper S. Neurotrophic Factors: An Overview. In: Skaper S., editor. *Neurotrophic Factors: Methods and Protocols.* New York, NY: Springer. 2018. p. 1–17. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7571-6_1
- Brunelli S., Giannella E., Bizzaglia M., et al. Secondary neurodegeneration following Stroke: what can blood biomarkers tell us? *Front Neurol.* 2023; 14: 1038808. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1198216>
- He J., Chen L., Tang F., et al. Multidisciplinary team collaboration impact on NGF, BDNF, serum IGF-1, and life quality in patients with hemiplegia after stroke. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand).* 2023; 69(12): 57–64. <https://doi.org/10.14715/cmb/2023.69.12.10>
- Hernández-del Caño C., Varela-Andrés N., Cebrián-León A., Deogracias R. Neurotrophins and Their Receptors: BDNF's Role in GABAergic Neurodevelopment and Disease. *Int J Mol Sci.* 2024; 25(15): 8312. <https://doi.org/10.3390/ijms25158312>
- Liu W., Wang X., O'Connor M., et al. Brain-derived neurotrophic factor and its potential therapeutic role in Stroke comorbidities. *Neural Plast.* 2020; 2020: 8107274. <https://doi.org/10.1155/2020/1969482>
- Sims-Knight C., Wilken-Resman B., Smith C., et al. Brain-Derived Neurotrophic Factor and Nerve Growth Factor Therapeutics for Brain Injury: The Current Translational Challenges in Preclinical and Clinical Research. *Neural Plast.* 2022; 2022: 9830128. <https://doi.org/10.1155/2022/3889300>
- Чуканова А.С., Гулиева М.Ш., Чуканова Е.И., Багманян С.Д. Применение сывороточных биомаркеров повреждения, апоптоза и нейротрофичности в оценке прогноза ишемического инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски.* 2022; 122(8–2): 48–53. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212208248> [Chukanova A.S., Gulieva M.Sh., Chukanova E.I., Bagmanyan S.D. A panel of serum biomarkers, including damage, apoptosis and neurotrophic markers, for the assessment of prognosis of the course of ischemic stroke. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2022; 122 (8–2): 48–53. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212208248> (In Russ.).]
- Shahnawaz A., Varun Kumar S., Varshaa Ch., Rameshwar Nath Ch. Neurorehabilitation and its relationship with biomarkers in motor recovery of acute ischemic stroke patients — A systematic review. *J Clin Sci Res.* 2024; 13(2):125. http://dx.doi.org/10.4103/jcsr.jcsr_16_23
- Ashcroft S., Ironside D., Johnson L., et al. Effect of Exercise on Brain-Derived Neurotrophic Factor in Stroke Survivors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Stroke.* 2022; 53(12): 3706–3716. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.122.039919>
- Karantali E., Kazis D., Papavasileiou V., et al. Serum BDNF Levels in Acute Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina (Kaunas).* 2021; 57(3): 297. <https://doi.org/10.3390/medicina57030297>
- Mojtabavi H., Shaka Z., Momtazmanesh S., et al. Circulating brain-derived neurotrophic factor as a potential biomarker in stroke: a systematic review and meta-analysis. *J Transl Med.* 2022; 20(1): 233. <https://doi.org/10.1186/s12967-022-03312-y>
- Zhou B., Mu K., Yu X., Shi X. Serum Levels and Clinical Significance of NSE, BDNF and CNTF in Patients with Cancer-associated Ischemic Stroke Complicated with Post-stroke Depression. *Actas Esp Psiquiatr.* 2024; 52(4): 474–483. <https://doi.org/10.62641/aep.v52i4.1667>
- Liu X., Fang J.-C., Zhi X.-Y., et al. The Influence of Val66Met Polymorphism in Brain-Derived Neurotrophic Factor on Stroke Recovery Outcome: A Systematic Review and Meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair.* 2021; 35(6): 550–560. <https://doi.org/10.1177/15459683211014119>

15. Santoro M., Siotto M., Germanotta M., et al. BDNF rs6265 Polymorphism and Its Methylation in Patients with Stroke Undergoing Rehabilitation. *Int J Mol Sci.* 2020; 21(22): 8438. <https://doi.org/10.3390/ijms21228438>
16. Sukhan D., Liudkevych H., Olkhova I., et al. The role of neurotrophins in post-stroke rehabilitation. *Rep Vinnytsia Nation Med Univ.* 2021; 25(4): 651–656. [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2021-25\(4\)-25](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2021-25(4)-25)
17. Ledreux A., Håkansson K., Carlsson R., et al. Differential Effects of Physical Exercise, Cognitive Training, and Mindfulness Practice on Serum BDNF Levels in Healthy Older Adults: A Randomized Controlled Intervention Study. *J Alzheimers Dis.* 2019; 71(4): 1245–1261. <https://doi.org/10.3233/JAD-190756>
18. Ploughman M., Eskes G., Kelly L., et al. Synergistic Benefits of Combined Aerobic and Cognitive Training on Fluid Intelligence and the Role of IGF-1 in Chronic Stroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2019; 33(3): 199–212. <https://doi.org/10.1177/1545968319832605>
19. Björkholm C., Monteggia L. BDNF — a key transducer of antidepressant effects. *Neuropharmacology.* 2016; 102: 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2015.10.034>
20. Cubillos S., Engmann O., Brancato A. BDNF as a Mediator of Antidepressant Response: Recent Advances and Lifestyle Interactions. *Int J Mol Sci.* 2022; 23(22): 14445. <https://doi.org/10.3390/ijms232214445>
21. Brunello C., Cannarozzo C., Castrén E. Rethinking the role of TRKB in the action of antidepressants and psychedelics. *Trends Neurosci.* 2024; 47(11): 865–874. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2024.08.011>
22. Widodo J., Asadul A., Wijaya A., Lawrence G. Correlation between Nerve Growth Factor (NGF) with Brain Derived Neurotropic Factor (BDNF) in Ischemic Stroke Patient. *Bali Med J.* 2016; 5(2): 10. <https://doi.org/10.15562/bmj.v5i2.199>
23. Li X., Li F., Ling L., et al. Intranasal administration of nerve growth factor promotes angiogenesis via activation of PI3K/Akt signaling following cerebral infarction in rats. *Am J Transl Res.* 2018; 10(11):3481–3492.
24. Luan X., Qiu H., Hong X., et al. High Serum Nerve Growth Factor Concentrations Are Associated with Good Functional Outcome at 3 Months Following Acute Ischemic Stroke. *Clinica Chimica Acta.* 2019; 488: 20–24. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2018.10.030>
25. Gu C.-L., Ma L., Hou Y., et al. Exploring the Cellular and Molecular Basis of Nerve Growth Factor in Cerebral Ischemia Recovery. *Neuroscience.* 2024; 566: 190–197. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2024.12.049>
26. Colitti N., Desmoulin F., Le Fric A., et al. Long-Term Intranasal Nerve Growth Factor Treatment Favors Neuron Formation in de Novo Brain Tissue. *Front Cell Neurosci.* 2022; 16: 871532. <https://doi.org/10.3389/fncel.2022.871532>
27. Moghanlou A., Yazdani M., Roshani S., et al. Neuroprotective effects of pre-ischemic exercise are linked to expression of NT-3/NT-4 and TrkB/TrkC in rats. *Brain Res Bull.* 2023; 194: 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2023.01.004>
28. Chung J.-Y., Kim M.-W., Im W., et al. Expression of Neurotrophin-3 and TrkC Following Focal Cerebral Ischemia in Adult Rat Brain with Treadmill Exercise. *J Korean Med Sci.* 2017; 32(9): 1486–1492. <https://doi.org/10.1155/2017/9248542>
29. Chung J.-Y., Kim M.-W., Bang M.-S., Kim M. Increased Expression of Neurotrophin 4 Following Focal Cerebral Ischemia in Adult Rat Brain with Treadmill Exercise. *PLoS One.* 2013; 8(3): e52461. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052461>
30. Cortés D., Carballo-Molina O., Castellanos-Montiel M., Velasco I. The Non-Survival Effects of Glial Cell Line-Derived Neurotrophic Factor on Neural Cells. *Front Mol Neurosci.* 2017; 10: 287. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2017.00258>
31. Zhang Z., Sun G., Ding S. Glial Cell Line-Derived Neurotrophic Factor and Focal Ischemic Stroke. *Neurochem Res.* 2021; 46(10): 2638–2650. <https://doi.org/10.1007/s11064-021-03266-5>
32. Zhang N., Zhang Z., He R., et al. GLAST-CREERT2 Mediated Deletion of GDNF Increases Brain Damage and Exacerbates Long-Term Stroke Outcomes After Focal Ischemic Stroke in Mouse Model. *Glia.* 2020; 68(11): 2395–2414. <https://doi.org/10.1002/glia.23848>
33. Куракина А.С., Семенова Т.Н., Щелчкова Н.А. и др. Прогностическая значимость определения уровня глиального нейротрофического фактора в плазме крови у больных с ишемическим инсультом. *Пермский медицинский журнал.* 2021; 38(2):95–102. <https://doi.org/10.17816/pmj38295-102> [Kurakina A.S., Semenova T.N., Shchelchkova N.A. et al. The prognostic significance of determining the level of glial neurotrophic factor in blood plasma in patients with ischemic stroke. *Perm Medical Journal.* 2021; 38(2): 95–102. <https://doi.org/10.17816/pmj38295-102> (In Russ.).]
34. Pasquin S., Sharma M., Gauchat J.-F. Cytokines of the LIF/CNTF Family and Metabolism. *Cytokine.* 2016; 82: 122–124. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2015.12.019>
35. Stansberry W., Pierchala B. Neurotrophic factors in the physiology of motor neurons and their role in the pathobiology and therapeutic approach to amyotrophic lateral sclerosis. *Front Mol Neurosci.* 2023; 16: 1238453. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2023.1238453>
36. Jia C., Brown R., Malone H., et al. Ciliary Neurotrophic Factor Is a Key Sex-Specific Regulator of Depressive-Like Behavior in Mice. *Psychoneuroendocrinology.* 2019; 100: 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.09.038>
37. Hayes C., Valcarcel-Ares M., Ashpole N. Preclinical and clinical evidence of IGF-1 as a prognostic marker and acute intervention with ischemic stroke. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2021; 41(10): 2475–2491. <https://doi.org/10.1177/0271678x211000894>
38. Mehrpour M., Rahatlou H., Hamzehpur N., et al. Association of insulin-like growth factor-I with the severity and outcomes of acute ischemic stroke. *Iran J Neurol.* 2016; 15(4): 214–218.
39. Armbrust M., Worthmann H., Dengler R., et al. Circulating Insulin-like Growth Factor-1 and Insulin-like Growth Factor Binding Protein-3 predict Three-months Outcome after Ischemic Stroke. *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* 2017; 125(7): 485–491. <https://doi.org/10.1055/s-0043-103965>
40. Aberg N., Aberg D., Jood K., et al. Altered Levels of Circulating Insulin-Like Growth Factor I (IGF-I) Following Ischemic Stroke Are Associated with Outcome — A Prospective Observational Study. *BMC Neurol.* 2018; 18: 106. <https://doi.org/10.1186/s12883-018-1107-3>
41. Neeraj S., Limaye L., Braighi Carvalho L., Kramer S. Effects of Aerobic Exercise on Serum Biomarkers of Neuroplasticity and Brain Repair in Stroke: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021; 102(8): 1633–1644. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.04.010>
42. Guo D., Zhu Z., Zhong C., et al. Increased Serum Netrin-1 Is Associated with Improved Prognosis of Ischemic Stroke: An Observational Study from CATIS. *Stroke.* 2019; 50(4): 845–852. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.118.024631>
43. Xu T., Zuo P., Wang Y., et al. Serum Omentin-1 Is a Novel Biomarker for Predicting the Functional Outcome of Acute Ischemic Stroke Patients. *Clin Biochem.* 2018; 56:350–355. <https://doi.org/10.1515/cclm-2017-0282>
44. Tiedt S., Duering M., Barro C., et al. Serum Neurofilament Light: A Biomarker of Neuroaxonal Injury After Ischemic Stroke. *Neurology.* 2018; 91(14): e1338–e1347. <https://doi.org/10.1212/wnl.00000000000006282>
45. Gao L., Xie J., Zhang H., et al. Neuron-Specific Enolase in Hypertension Patients with Acute Ischemic Stroke and Its Value Forecasting Long-Term Functional Outcomes. *BMC Geriatr.* 2023; 23(1): 294. <https://doi.org/10.1186/s12877-023-03986-z>

Применение чрескожной электронейростимуляции на II этапе медицинской реабилитации при ишемическом инсульте: контролируемое рандомизированное исследование

 Бергер А.Б.* ,  Кончугова Т.В.

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

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Пациенты, перенесшие острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), требуют длительных и интенсивных реабилитационных мероприятий для восстановления как витальных, так и моторных, когнитивных, психоэмоциональных и других функций организма. Наравне с использованием методов лечебной физкультуры уже на этапе нахождения пациента в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) возможно использование чрескожной электронейростимуляции (ЧЭНС), однако из-за недостаточности информации об эффективности данный метод крайне редко включается в программы реабилитации на ранних этапах.

ЦЕЛЬ. Оценка клинической эффективности использования электротерапии с разной продолжительностью процедур на II этапе медицинской реабилитации, включая период нахождения пациентов с ОНМК в ОРИТ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. На базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России в период 2024 и 2025 гг. проводилось рандомизированное контролируемое исследование, включающее 61 пациента, перенесшего ишемический инсульт. Все пациенты были разделены на 4 группы, в которых проводилась стандартная схема медицинской реабилитации, а также дополнительная электротерапия с продолжительностью 10, 20 и 30 минут курсом 14 процедур. До начала курса процедур, а также после окончания проводилась оценка мышечной силы в пораженных конечностях по пятибалльной шкале, а также оценка по шкалам Ривермид, Рэнкин, NIHSS, реабилитационной маршрутизации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В исследовании всего принял участие 61 пациент обоего пола (27 мужчин (44 %) и 34 женщины (56 %)). Средний возраст пациентов составил 59 лет. Все пациенты перенесли ОНМК по ишемическому типу в бассейне правой/левой средней мозговой артерии. По окончании курса процедур электротерапии в основной группе при экспозиции 30 минут увеличилась мышечная сила в пораженных конечностях в дистальных отделах (мышцы плеча 1,96. (1,0; 2,3); мышцы предплечья/кисти 1,56. (0,5; 1,8); мышцы бедра 2,26. (1; 2,5); мышцы голени/стопы 1,56. (1,1; 1,8)) по сравнению с группой контроля (0,96. (0; 1,5); 0,36. (0; 1); 1,16. (0; 2); 0,6. (0; 0,5), соответственно) ($p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Дополнительное проведение ЧЭНС пациентам с ОНМК, начатое в период их пребывания в ОРИТ на II этапе медицинской реабилитации, оказалось более эффективным для улучшения моторной активности паретичных конечностей по сравнению со стандартной программой реабилитации. Наилучшие результаты оказались в группе с продолжительностью электротерапии 30 минут. Данные результаты значительно улучшили мышечную силу в пораженных конечностях в дистальных отделах (мышцы плеча 1,96. (1,0; 2,3); мышцы предплечья/кисти 1,56. (0,5; 1,8); мышцы бедра 2,26. (1; 2,5); мышцы голени/стопы 1,56. (1,1; 1,8)) ($p < 0,05$) по окончании курса реабилитации продолжительностью 20 дней.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инсульт, отделение реанимации и интенсивной терапии, физиотерапия, чрескожная электронейростимуляция, реабилитация, электротерапия

Для цитирования / For citation: Бергер А.Б., Кончугова Т.В. Применение чрескожной электронейростимуляции на II этапе медицинской реабилитации при ишемическом инсульте: контролируемое рандомизированное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(3):140–146. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-140-146> [Berger A.B., Konchugova T.V. Transcutaneous Electrical Neurostimulation at the Second Stage of Medical Rehabilitation in Ischemic Stroke: a Controlled Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):140–146. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-140-146> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Бергер Александр Борисович, E-mail: bergerab@nmicrk.ru

Статья получена: 28.04.2025
Статья принята к печати: 30.04.2025
Статья опубликована: 16.06.2025

Transcutaneous Electrical Neurostimulation at the Second Stage of Medical Rehabilitation in Ischemic Stroke: a Controlled Randomized Study

 Alexander B. Berger*,  Tatiana V. Konchugova

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

ABSTRACT

INTRODUCTION. Patients who have suffered a stroke require long-term and intensive rehabilitation measures to restore both vital and motor, cognitive, psycho-emotional and other functions of the body. Along with the use of physiotherapy methods, transcutaneous electrical neurostimulation can be used already at the stage of the patient's stay in the intensive care unit; however, due to the lack of modern information on its effectiveness, this method is extremely rarely included in rehabilitation programs at the early stages.

AIM. To evaluate the clinical effectiveness of using electrotherapy with different durations of procedures at the II stage of medical rehabilitation, including the period of patients with stroke in the intensive care unit.

MATERIALS AND METHODS. A randomized controlled trial was conducted at the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology between 2024 and 2025, involving 61 patients who had suffered an ischemic stroke. All patients were divided into 4 groups, which underwent a standard medical rehabilitation scheme, as well as additional electrotherapy with a duration of 10, 20 and 30 minutes, a course of 14 procedures. BEFORE the start of the course of procedures, as well as after its completion, muscle strength in the affected limbs was assessed on a five-point scale, as well as an assessment on the Rivermead, Rankin, NIHSS, and rehabilitation routing scales.

RESULTS AND DISCUSSION. A total of 61 patients of both sexes (27 men (44 %) and 34 women (56 %)) took part in the study. The average age of the patients was 59 years. All patients suffered from acute cerebrovascular accident (ACVA) of the ischemic type in the basin of the right/left middle cerebral artery. At the end of the course of electrotherapy procedures in the main group, with an exposure of 30 minutes, muscle strength in the affected limbs in the distal sections increased (shoulder muscles 1.9b. (1.0; 2.3); forearm/hand muscles 1.5b. (0.5; 1.8); thigh muscles 2.2b. (1; 2.5); lower leg/foot muscles 1.5b. (1.1; 1.8)) compared to the control group (0.9b. (0; 1.5); 0.3b. (0; 1); 1.1b. (0; 2); 0b. (0; 0.5), respectively) ($p < 0.05$).

CONCLUSION. Additional physiotherapeutic treatment in the form of transcutaneous electrical neurostimulation of patients who have suffered a stroke, initiated during their stay in the intensive care unit at the second stage of medical rehabilitation, proved to be more effective in improving the motor activity of paretic limbs compared to the standard rehabilitation programme. The best results were in the group with a duration of electrotherapy of 30 minutes, significantly improving muscle strength in the affected limbs in the distal sections (shoulder muscles 1.9b. (1.0; 2.3); forearm/hand muscles 1.5b. (0.5; 1.8); thigh muscles 2.2b. (1; 2.5); calf/foot muscles 1.5b. (1.1; 1.8)) ($p < 0.05$) at the end of the rehabilitation course lasting 20 days.

KEYWORDS: stroke, intensive care unit, physiotherapy, transcutaneous electrical neurostimulation, rehabilitation, electrotherapy

For citation: Berger A.B., Konchugova T.V. Transcutaneous Electrical Neurostimulation at the Second Stage of Medical Rehabilitation in Ischemic Stroke: a Controlled Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(3):140–146. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-3-140-146> (In Russ.).

* **For correspondence:** Alexander B. Berger, E-mail: bergerab@nmicr.ru

Received: 28.04.2025

Accepted: 30.04.2025

Published: 16.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Инсульт представляет собой значительную глобальную проблему, ежегодно затрагивая миллионы людей и представляя собой существенную экономическую нагрузку для систем здравоохранения во всем мире. Статистика Всемирной организации здравоохранения показывает, что инсульт является основной причиной смертности и инвалидизации во всем мире. Ежегодно регистрируется около 13,7 миллионов новых случаев инсульта, что делает его распространенной проблемой для систем здравоохранения на всех континентах и в разных демографических группах. С 1990 по 2019 г. наблюдался значительный всплеск случаев инсульта, о чем свидетельствует рост новых случаев инсульта на 70 %, рост числа смертей, связанных с инсультом, на 43 %, рост числа существующих случаев инсульта на 102 % [1].

В связи с этим разработка и внедрение новых методов медицинской реабилитации пациентов с сосудистыми катастрофами головного мозга, особенно на раннем этапе после происшествия, позволят снизить уровень инвалидизации и сократить экономические затраты на этапах реабилитации и абилитации.

В реабилитационных мероприятиях, начинающихся в период пребывания пациента с острым нарушением мозгового кровообращения (ОНМК) в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), задействованы специалисты различных клинических профилей: неврологи, реаниматологи, врачи физической реабилитации, врачи и инструкторы лечебной физической культуры, физиотерапевты, массажисты, логопеды, психологи и эрготерапевты.

Целью реабилитации в ОРИТ как комплекса невролого-реабилитационного воздействия при междисциплинарном подходе является восстановление функциональных возможностей пациента.

плинарной форме работы является, с одной стороны, содействие восстановлению моторных, когнитивных, эмоциональных и других нарушенных функций пациентов с ОНМК и, с другой стороны, — профилактика вторичных осложнений, связанных с тяжестью состояния пациентов и нахождением продолжительное время в ОРИТ. Одним из наиболее важных вторичных осложнений является ПИТ-синдром (PICS — Post Intensive Care Syndrome) — совокупность ограничивающих повседневную жизнь пациента соматических, неврологических и социально-психологических последствий пребывания в условиях ОРИТ. Частота его развития у пациентов с острой церебральной недостаточностью достигает 65–80 %, а у пациентов ОРИТ с длительностью пребывания более 48 часов — 55–98 % [2].

В мировой научной литературе тема медицинской реабилитации пациентов с сосудистыми катастрофами головного мозга активно разрабатывается, имеется большое количество публикаций в рейтинговых изданиях, однако акцент делается на различных методиках мобилизации (способ активизации пациента, предполагающий активные и пассивные движения в суставах), ранней вертикализации и позиционирования (в первую очередь нормализующие функции сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы) [3], кинезиотерапии, постуральной коррекции и эрготерапии [4].

В отечественной литературе имеются лишь единичные публикации о медицинской реабилитации в условиях ОРИТ, где наравне с лечебной физической культурой упоминается ряд физиотерапевтических методов, таких как низкоинтенсивная магнитотерапия, низкоинтенсивная лазеротерапия [5]. Упоминается также использование ежедневных тепловлажных ультразвуковых ингаляций с 2 % раствором бикарбоната натрия, ультрафиолетового облучения и точечного воздействия лазерным излучением на акупунктурные точки (лазеропунктуры) [6].

В связи с вышеизложенным разработка новых эффективных и безопасных физиотерапевтических методов и их включение в программы реабилитации пациентов, находящихся в ОРИТ, являются актуальной задачей, которая может повысить реабилитационный потенциал пациентов, находящихся в тяжелом состоянии, и уменьшить вероятность их инвалидизации.

ЦЕЛЬ

Оценка клинической эффективности использования электротерапии с разной продолжительностью процедур на II этапе медицинской реабилитации, включая период нахождения пациентов с ОНМК в ОРИТ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принял участие 61 пациент обоего пола (27 мужчин [44 %] и 34 женщины [56 %]). Средний возраст пациентов составил 59 лет. Все пациенты перенесли ОНМК по ишемическому типу в бассейне правой/левой средней мозговой артерии. На госпитальном этапе проводилась тромбозэкстракция либо системная тромболитическая терапия и симптоматическая терапия. Все пациенты поступали на II этап медицинской реабилитации в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России в ОРИТ в период 2024 и 2025 гг. в ранний период реабилитации (26 дней после случая

ОНМК [18; 32]), со шкалой реабилитационной маршрутизации (ШРМ) в 6 баллов. У всех наблюдавшихся пациентов это был первый случай ОНМК, а также отсутствовала тяжелая сопутствующая патология (онкологические заболевания, болезни системы крови, психические, нейродегенеративные заболевания, острые/хронические инфекционные болезни (гепатиты В, С; ВИЧ-инфекция, сифилис и т. п.). У 57 пациентов (94 %) был ранее установленный диагноз гипертонической болезни, у 23 пациентов (37 %) — диагноз сахарного диабета II типа. При этом вследствие ОНМК отсутствовали выраженная сенсомоторная афазия и ментальные нарушения, что позволило провести необходимые диагностические и терапевтические манипуляции после подписания добровольного информированного согласия.

Все пациенты, принимающие участие в исследовании, были разделены путем простой рандомизации на четыре группы: основную, группу сравнения 1, группу сравнения 2 и контрольную группу.

Основная группа — 14 человек: 7 мужчин (50 %) и 7 женщин (50 %), средний возраст пациентов группы составил 58,5 лет (25 % — 53; 75 % — 66).

Группа сравнения 1 — 16 человек: 7 мужчин (43,75 %) и 9 женщин (56,25 %), средний возраст пациентов группы составил 56 лет (25 % — 50; 75 % — 64).

Группа сравнения 2 — 15 человек: 6 мужчин (40 %) и 9 женщин (60 %), средний возраст пациентов группы составил 59 лет (25 % — 55; 75 % — 67).

Контрольная группа — 16 человек: 7 мужчин (43,75 %) и 9 женщин (56,25 %), средний возраст пациентов составил 59 лет (25 % — 52; 75 % — 65).

Все пациенты в ходе исследования были сопоставимы по характеру ОНМК, шкале комы Глазго (13–14 баллов), шкале инсульта Национального института здоровья США (NIHSS; 19 [17; 21]), выраженности гемиплегии с оценкой мышечной силы в пораженных конечностях (0–16) и срокам проведения реабилитационных мероприятий (20 дней), а также по сохранению стабильных гемодинамических показателей.

Пациентам всех групп, входившим в исследование, проводился комплекс реабилитационных мероприятий, начинающийся с первых суток нахождения в стационаре, включающий индивидуальные занятия с инструктором лечебной физкультуры (вертикализация, ходьба, формирование правильного паттерна ходьбы, активные и пассивные упражнения для паретичных конечностей, механотерапия (с помощью аппарата ARTROMOT)), медицинский массаж, занятия с логопедом и нейропсихологом, физиотерапевтическое лечение (лазеротерапия на область магистральных сосудов шеи, рук и ног, низкоинтенсивная магнитотерапия на область паретичных конечностей).

В дополнение к данному комплексу во всех группах, кроме контрольной, проводилась ЧЭНС со следующими параметрами:

1. Основная группа — 14 процедур продолжительностью по 30 минут на пораженную руку и ногу, частотой 2 Гц, с вариативной силой тока до появления мышечного сокращения (в среднем в диапазоне 10–20 мА); на область мышц руки — разгибателей предплечья, плеча (трицепса) и дельтовидной мышцы; на область мышц ноги — тыльных разгибателей стопы (на латеральной области голени) и четырехглавую мышцу бедра.

2. Группа сравнения 1 — 14 процедур продолжительностью по 20 минут на пораженную руку и ногу, частотой 2 Гц, с вариативной силой тока до появления мышечного сокращения на аналогичные области, что и в основной группе.

3. Группа сравнения 2 — 14 процедур продолжительностью по 10 минут на пораженную руку и ногу, частотой 2 Гц, с вариативной силой тока до появления мышечного сокращения на аналогичные области, что и в основной группе.

Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено локальным этическим комитетом в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России (протокол № 10-2023 от 05.10.2023).

Для обработки полученных данных использовали непараметрические методы статистического анализа. Все вычисления проводили с использованием программы STATISTICA 10.0, а также Microsoft Office (Excel 2007). Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результативности проведенной медицинской реабилитации проводился на основании оценки мышечной силы по пятибалльной шкале, индекса мобильности Ривермид, модифицированной шкалы Рэнкина, шкалы NIHSS, ШРМ.

В результате проведенного исследования была выявлена статистически значимая разница внутри групп при сравнении по шкалам Ривермид, NIHSS и ШРМ (в основной группе) состояния пациентов в день госпитализации и в день выписки из центра медицинской реабилитации.

При сравнении результатов групп, в которых дополнительно применялась ЧЭНС с группой контроля, обнаружено статистически значимое увеличение индекса мобильности Ривермид, улучшение состояния по шкале тяжести инсульта NIHSS (в основной группе) и ШРМ (в основной группе) (табл. 1).

Исследование мышечной силы в паретичных конечностях пораженной половины тела проводилось по трем группам мышц в каждой конечности: область пояса верхних и нижних конечностей с функцией плечевого и тазобедренного сустава соответственно, область плеча и бедра с функцией локтевого и коленного сустава, области предплечья и голени с функцией лучезапястного сустава и кисти, а также голеностопного сустава и стопы соответственно. Были установлены следующие результаты:

1. В основной группе в пораженной руке в 1-й день — 0б. во всех отделах; в пораженной ноге — 0,9б. (0; 1,5) в проксимальных отделах на пораженной стороне. В дистальных отделах — 0б. При выписке на 20-й день госпитализации показатели пораженной руки — 1,8б. (1; 2); 1,9б. (1,0; 2,3); 1,5б. (0,5; 1,8), соответственно. В пораженной ноге — 2,7б. (1,5; 3,3); 2,2б. (1; 2,5); 1,5б. (1,1; 1,8), соответственно.

2. В группе сравнения 1 в пораженной руке в 1-й день — 0б.; в пораженной ноге — 1б. (0; 1,5) в проксимальных отделах на пораженной стороне. В дистальных отделах — 0б. При выписке на 20-й день госпитализации показатели пораженной руки — 1,7б. (1; 2); 1,6б. (0,5; 2); 0,9б. (0; 1,5), соответственно. В пораженной ноге — 2,3б. (1,5; 3); 2б. (1,5; 2,4); 1,4б. (0,5; 1,6), соответственно.

3. В группе сравнения 2 получены результаты мышечной силы пораженной руки в 1-й день — 0б.; в пораженной ноге — 1б. (0; 1,5) в проксимальных отделах на пораженной стороне; в дистальных отделах — 0б. При выписке на 20-й день госпитализации показатели пораженной руки — 1,6б. (1; 2); 0,6б. (0; 1); 0,4б. (0; 1) соответственно; в пораженной ноге — 2,7б. (1,5; 3); 1,2б. (0,5; 1,5); 0б. (0; 1), соответственно.

3. В контрольной группе при обследовании были получены следующие результаты: пораженная рука — 0б. во всех группах мышц, пораженная нога — 1,1б. (0; 1,5) в области пояса нижних конечностей на пораженной стороне. В дистальных отделах — 0б. При выписке в пораженной руке — 1,3б. (0; 1,5); 0,9б. (0; 1,5); 0,3б. (0; 1); в пораженной ноге — 2,2б. (1,5; 3); 1,1б. (0; 2); 0б. (0; 0,5), соответственно.

Таблица 1. Динамика оценки состояния пациентов до начала реабилитации и в день выписки из стационара
Table 1. Dynamics of patients' condition assessment before rehabilitation and on the day of discharge from the hospital

Диагностическая шкала / Diagnostic scale	Группа пациентов / Patient group							
	Контрольная / Control		Сравнения 2 / Comparison 2		Сравнения 1 / Comparison 1		Основная / Main	
	до / before	после / after	до / before	после / after	до / before	после / after	до / before	после / after
Ривермид / Rivermead	1,5	3*	1	3,1*	1,5	3,7*	1,5	3,9*^
Рэнкин / Rankin	5	4,6	5	4,5	5	4,1	5	4,1
NIHSS / NIHSS	19	16,2*	18,6	16*	18,8	15,3*	19,1	14,8*^
Шкала реабилитационной маршрутизации / Rehabilitation routing scale	6	5	6	4,8	6	4,7	6	4,3*^

Примечание: * — $p \leq 0,05$ при сравнении групп до и после реабилитации; ^ — $p \leq 0,05$ при сравнении основной группы/сравнения с контрольной группой.

Note: * — $p \leq 0.05$ when comparing groups before and after rehabilitation; ^ — $p \leq 0.05$ when comparing the main group/comparison with the control group.

В результате сравнения показателей мышечной силы в пораженной руке во всех группах было установлено, что при использовании ЧЭНС продолжительностью 30 минут (основная группа) статистически значимо повышается мышечная сила в мышцах плеча и предплечья по сравнению с комплексом реабилитации, не включающим использование электротерапии (контрольная группа). Комплекс же реабилитации, включающий ЧЭНС с продолжительностью 20 минут (группа сравнения 1) на паретичные конечности, статистически значимо улучшил силу мышц только в области плеча (двух- и трехглавая мышца плеча). По остальным группам мышц не было выявлено статистически значимых различий с группой контроля. В группе сравнения 2 (использование ЧЭНС в течение 10 минут) во всех отделах пораженной руки не было выявлено статистически значимых различий с контрольной группой (рис. 1).

При оценке результатов показателей мышечной силы нижних конечностей динамика оказалась схожей с изменениями мышечной силы в пораженной верхней конечности. Статистически значимая разница ($p < 0,05$) проявлялась в увеличении мышечной силы бедра и голени

в основной группе и мышц голени в группе сравнения 1 (рис. 2).

Одной из важных задач проведения воздействий ЧЭНС на паретичные конечности было восстановление произвольных движений пациентом и расширение количества утраченных двигательных навыков после перенесенного инсульта. В настоящем исследовании было отмечено снижение мышечного тонуса и силы антигравитационных мышц торса, скорее всего, из-за длительного периода иммобилизации, что дополнительно создает зависимость пациента от посторонней помощи и делает невозможным выполнение даже элементарных бытовых задач. Наблюдались случаи, когда при относительно хороших результатах восстановления двигательной активности нижних конечностей ослабленные мышцы торса препятствовали расширению двигательного режима, и даже прием пищи проводился с помощью подъема спинки многофункциональной кровати в положении полулежжа.

Данная проблема требует дальнейшей методической разработки в программах медицинской реабилитации наравне с фокусом на восстановление моторной активности в конечностях.

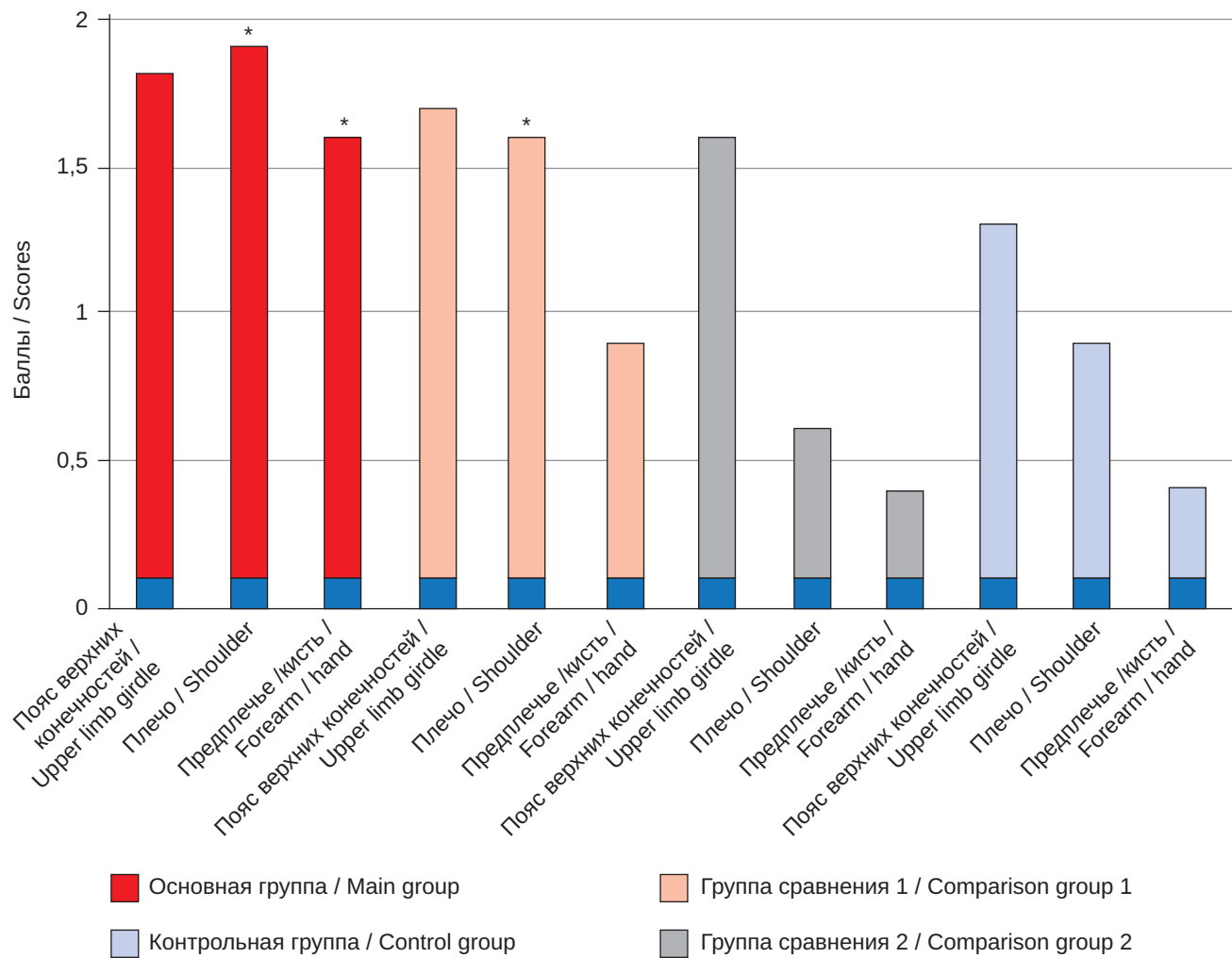


Рис. 1. Сравнительные данные мышечной силы верхней конечности после проведения курса медицинской реабилитации

Fig. 1. Comparative upper limb muscle strength data after medical rehabilitation course

Примечание: * — $p \leq 0,05$ при сравнении групп с контролем; синим цветом указан уровень мышечной силы до начала реабилитации.
Note: * — $p \leq 0.05$ when comparing groups with control; blue color indicates the level of muscle strength before the beginning of rehabilitation.

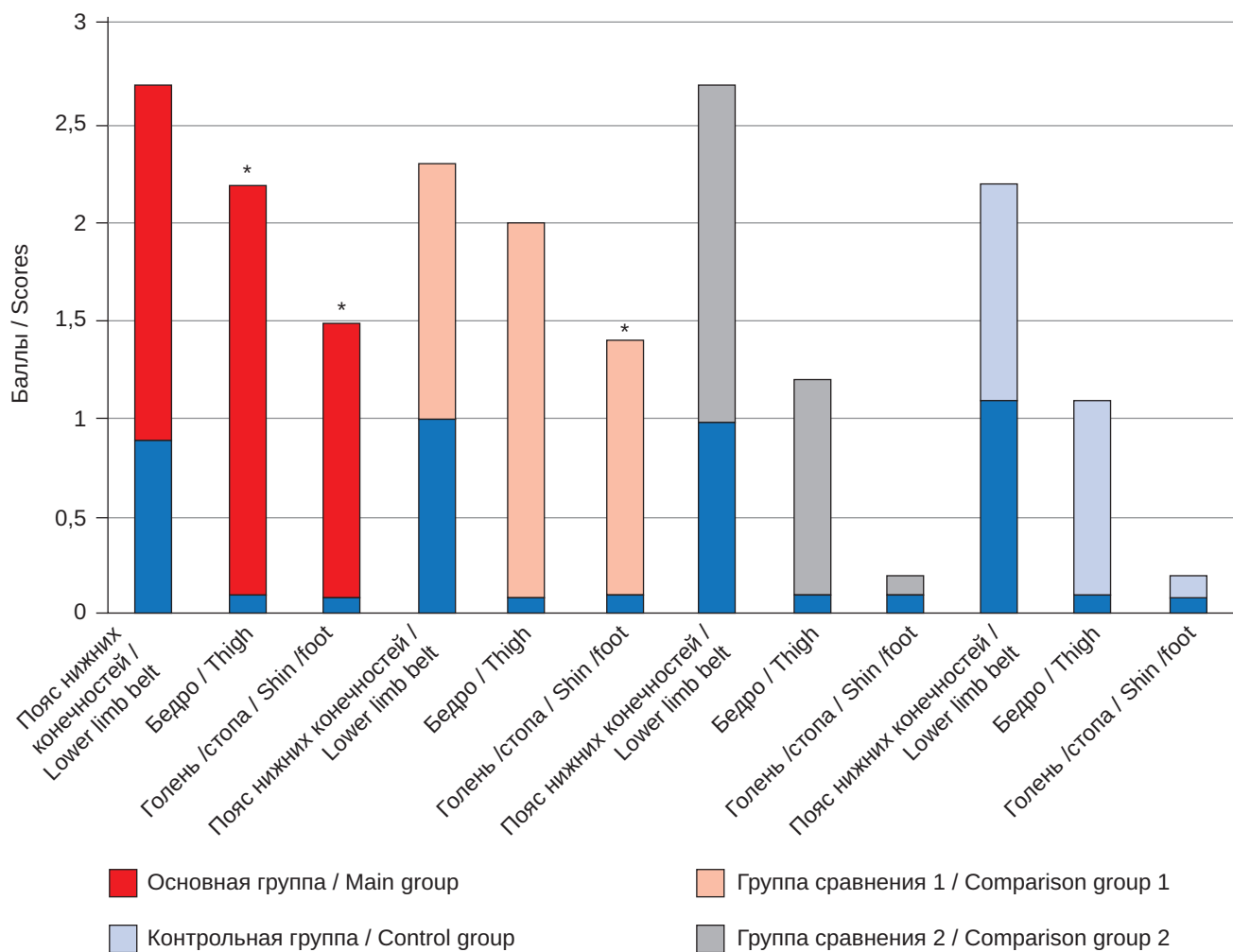


Рис. 2. Сравнительные данные мышечной силы нижней конечности после проведения курса медицинской реабилитации

Fig. 2. Comparative lower limb muscle strength data after medical rehabilitation course

Примечание: * — $p \leq 0,05$ при сравнении групп с контролем; синим цветом указан уровень мышечной силы до начала реабилитации.

Note: * — $p \leq 0.05$ when comparing groups with control; blue color indicates the level of muscle strength before the beginning of rehabilitation.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования по оценке эффективности применения ЧЭНС у пациентов с грубыми двигательными нарушениями после перенесенного ишемического инсульта головного мозга был достигнут положительный эффект при длительном воздействии ЧЭНС на паретичные конечности (экспозиция — 20 и 30 минут), в частности, статистически значимое улучшение в дистальных отделах верхней и нижней конечности. При этом установлено ускоренное восстановление моторной функции групп мышц-сгибателей с запаздыванием антагонистов-разгибателей, что приводит к неполноценному функционированию восста-

навливаемых конечностей и требует дополнительных мер по активизации отстающих групп мышц.

Дополнительное проведение ЧЭНС пациентам с ОНМК, начатое в период их пребывания ОРИТ на II этапе медицинской реабилитации, оказалось более эффективным для улучшения моторной активности паретичных конечностей по сравнению со стандартной программой реабилитации. Наилучшие результаты оказались в группе с продолжительностью электротерапии 30 минут за счет значимого увеличения мышечной силы в дистальных отделах пораженных верхних и нижних конечностях по окончании курса реабилитации продолжительностью 20 дней.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Бергер Александр Борисович, младший научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: bergerab@nmicrk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1293-1680>

Кончугова Татьяна Венедиктовна, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-8988>

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: Бергер А.Б. — программное обеспечение, проведение исследования, анализ данных, написание черновика рукописи; Кончугова Т.В. — проверка и редактирование рукописи, курирование проекта.

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

Конфликт интересов. Кончугова Т.В. — заместитель главного редактора журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

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 ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, протокол № 10-2023 от 05.10.2023.

Информированное согласие. В исследовании не раскрывается сведений, позволяющих идентифицировать личность пациента(ов). От всех пациентов (законных представителей) было получено письменное согласие на публикацию всей соответствующей медицинской информации, включенной в рукопись.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Alexander B. Berger, Junior Researcher of the Department of Physiotherapy and Reflexotherapy, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: bergerab@nmicrk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1293-1680>

Tatiana V. Konchugova, D.Sc. (Med.), Professor, Chief Researcher of the Department of Physiotherapy and Reflexotherapy, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-8988>

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: Berger A.B. — software, investigation, formal analysis, writing — original draft; Konchugova T.V. — writing — review & editing, supervision.

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

Disclosure. Konchugova T.V. — Deputy Editor-in-Chief of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal. The other authors state that there is no conflict of interest.

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. 10-2023 dated 05.10.2023.

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patient(s). Written consent was obtained from all patients (legal representatives) for publication of all relevant medical information included in the manuscript.

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

Список литературы / References

- Li X., He Y., Wang D., Rezaei M.J. Stroke rehabilitation: from diagnosis to therapy. *Front Neurol.* 2024; 15: 1402729. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1402729>
- Белкин А.А., Алашеев А.М., Белкин В.А. и др. 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., et al proved to be more effective in improving the motor activity of paretic limbs compared to the standard rehabilitation programme. *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.).]
- Mezidi M., Guérin C. Effects of patient positioning on respiratory mechanics in mechanically ventilated ICU patients. *Ann Transl Med.* 2018; 6(19): 384. <https://doi.org/10.21037/atm.2018.05.50>
- Mehrholz J., Thomas S., Kugler J., et al. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020; 10(10): CD006185. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd006185.pub5>
- Рошаль Л.М., Новоселова И.Н., Валиуллина С.А. и др. Опыт ранней реабилитации детей с позвоночно-спинномозговой травмой. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2016; 93(6): 41–50. <https://doi.org/10.17116/kurort2016641-50> [Roshal' L.M., Novoselova I.N., Valiullina S.A., et al. The experience with the early rehabilitation of the children presenting with the vertebral cerebrospinal injury. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy.* 2016; 93(6): 41–50. <https://doi.org/10.17116/kurort2016641-50> (In Russ.).]
- Серая Э.В., Чжао А.В., Лапшин В.П. и др. Элементы лечебной физкультуры в сочетании с физиотерапией у больных после трансплантации печени в реанимации. *Лечебная физкультура и спортивная медицина.* 2010; 3(75): 28–30. [Seraya E.V., Chzhao A.V., Lapshin V.P., et al. Exercise therapy elements combined with physical medicine after liver transplant in intensive care. *Exercise therapy and Sports Medicine.* 2010; 3(75): 28–30 (In Russ.).]

КУЛЬЧИЦКАЯ ДЕТЕЛИНА БОРИСОВНА

21 апреля 2025 г. на 66-м году жизни ушла из жизни Кульчицкая Детелина Борисовна, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, в течение 39 лет проработавшая в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России).

В 1986 г. сразу после окончания Высшего медицинского института в Софии (Болгария) Кульчицкая Д.Б. была принята на работу во Всесоюзный научный центр медицинской реабилитации и физиотерапии (ныне это ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России), где и прошел весь ее трудовой путь от младшего научного сотрудника до заведующей отделением физиотерапии, главного научного сотрудника отдела физиотерапии и рефлексотерапии.

Всю свою жизнь Детелина Борисовна успешно сочетала лечебную, научную работу и образовательную деятельность. Она автор более 200 научных работ, 12 патентов на изобретения, внедрение которых в практическое здравоохранение позволило значительно сократить сроки реабилитации и повысить эффективность санаторно-курортного лечения пациентов с различными заболеваниями. Более 20 лет она занималась разработкой методик лазерной терапии для лечения различных заболеваний, участвовала в создании новых физиотерапевтических аппаратов, внедряла в научную практику методику оценки состояния микроциркуляции с помощью лазерной доплеровской флоуметрии.

Кульчицкая Детелина Борисовна была членом диссертационного совета при ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, под ее руководством защищены 6 кандидатских диссертаций. Ее творческий научный путь был отмечен большими достижениями. Она была известным ученым, высококвалифицированным врачом, прекрасным педагогом и организатором.



Детелина Борисовна всегда дарила окружающим свою доброту, энергию, знания, заряжала неиссякаемым оптимизмом и жизнелюбием, была настоящим профессионалом и светлым человеком.

Светлая память о Кульчицкой Детелине Борисовне навсегда сохранится в наших сердцах!

Редколлегия журнала
«Вестник восстановительной медицины»

DETELINA B. KULCHITSKAYA

On 21 April 2025, Detelina B. Kulchitskaya, Doctor of Science (Medicine), Professor and a Chief Researcher of the Department of Physiotherapy and Reflexology in the National Medical Research Centre for Rehabilitation and Balneology of the Ministry of Health of Russia, passed away at the age of 66. She had worked in the Centre for 39 years.

In 1986, shortly after graduating from the Higher Medical Institute in Sofia (Bulgaria), D.B. Kulchitskaya was employed at the All-Union Scientific Center for Medical Rehabilitation and Physiotherapy (now National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology of the Ministry of Health of Russia). She worked her way up from a junior researcher to the head of the department of physiotherapy, a chief researcher of the department of physiotherapy and reflexology.

Throughout her life, Detelina B. Kulchitskaya adeptly integrated therapeutic, scientific endeavours and educational activities. She is the author of more than 200 scientific papers, 12 patents for inventions; their introduction into practical healthcare allowed to significantly reduce rehabilitation time and increase the efficiency of health resort treatment of patients with various diseases. Over 20 years she has been

engaged in the development of laser therapy techniques for the treatment of various diseases, participated in the creation of new physiotherapeutic devices, introduced into scientific practice a blood flow measurement method by using laser Doppler flowmetry.

Detelina B. Kulchitskaya was a member of the Dissertation Council in National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology of the Ministry of Health of Russia. She supervised the defense of 6 Ph.D. theses. Her creative scientific path was marked by great achievements. She was a famous scientist, a highly qualified doctor, an excellent teacher and organizer.

Detelina B. Kulchitskaya always gave her kindness, energy, knowledge to others, charged everybody with inexhaustible optimism and vitality. She was a true professional and a pure-hearted person.

We will always cherish the memory of Detelina B. Kulchitskaya in our hearts!

Editorial Board of Bulletin
of Rehabilitation Medicine Journal

Благодарность рецензентам Журнала «Вестник восстановительной медицины»

Acknowledgements to All Our Reviewers from Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal

Каждая статья, поступившая в научно-практический рецензируемый журнал «Вестник восстановительной медицины», проходит двойное «слепое» рецензирование. Экспертное мнение рецензентов позволяет авторам статей получить ценные комментарии и замечания, которые могут быть использованы для улучшения и расширения подаваемых к публикации материалов.

Редакция Журнала «Вестник восстановительной медицины» выражает глубокую признательность и благодарность следующим рецензентам статей:

Each article submitted to Bulletin of Rehabilitation Medicine, an academic and practical peer-reviewed journal undergoes double-blind peer review. We are grateful to our reviewers for offering their expert opinion, which has provided valuable comments and remarks that the authors of the articles can use to improve and expand the materials submitted for publication.

The Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal would like to express its immense appreciation and gratitude to the following article reviewers:

Агасарову Льву Георгиевичу
Ансоковой Марьяне Аркадьевне
Апхановой Татьяне Валерьевне
Бадтиева Виктории Асланбековне
Беловой Людмиле Анатольевне
Бердюгину Кириллу Александровичу
Васильевой Валерии Александровне
Герасименко Марине Юрьевне
Гильмутдиновой Лире Талгатовне
Гришечкиной Ирине Александровне
Даминову Вадиму Дамировичу
Дудинской Екатерине Наильевне
Заборовской Виктории Александровне
Ежову Владимиру Владимировичу
Еремушкину Михаилу Анатольевичу
Ковлену Денису Викторовичу
Коновой Ольге Михайловне
Кончуговой Татьяне Венедиктовне
Костенко Елене Владимировне
Котенко Наталье Владимировне
Крюковой Ирине Викторовне
Кузюковой Анне Александровне
Курнявкиной Елене Алексеевне

Макаровой Марине Ростиславовне
Маркову Павлу Александровичу
Марченковой Ларисе Александровне
Мжельскому Александру Анатольевичу
Мухиной Анастасии Александровне
Никитюку Дмитрию Борисовичу
Одарущенко Ольге Ивановне
Поберской Валентине Александровне
Погорельцевой Оксане Александровне
Рассуловой Марине Анатольевне
Рожковой Елене Анатольевне
Сапелкину Сергею Викторовичу
Сичинаве Нине Владимировне
Скворцову Дмитрию Владимировичу
Смоленскому Андрею Вадимовичу
Стяжкиной Елене Михайловне
Туровининой Елене Фаридовне
Хан Майе Алексеевне
Юровой Ольге Валентиновне
Яковлеву Максиму Юрьевичу
Яснецову Виктору Владимировичу
Яшкову Александру Владимировичу
Фролкову Виталию Константиновичу

**Спасибо за проделанную работу!
Надеемся на сотрудничество с Вами в будущем**

**Thank you so much for all your hard work!
We really hope we can work with you again in the future!**