



ФГБУ «НМИЦ РК
Минздрава России

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

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

**ТОМ 24,
№ 1. 2025**

**VOL. 24 (1)
2025**

Вестник

восстановительной медицины

Bulletin of Rehabilitation Medicine
Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny



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

Подписной индекс: 71713 | www.vvmr.ru

ВЕСТНИК ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ

Том 24, № 1-2025

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., Университет Падуи, 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

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

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОМАНДА

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

УСОВА И.А., к.и.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 14.02.2025. Выход в свет 21.02.2025. Формат 640x900 1/8. Бумага мелованная 115 г/м². Печать офсетная. Тираж 1000 экз. Заказ № 20250110.

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. 1•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

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

Muft 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, N.F. Izmerova 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 Rehabilitology, Moscow, Russia

Mikhail D. DIDUR, D.Sc. (Med.), Professor, N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain, 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

PUBLISHING STAFF

SCIENTIFIC EDITOR

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

MANAGING EDITOR

Irina A. USOVA, Ph.D. (Hist.), 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/>

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.

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 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 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 14.02.2025.
Published 21.02.2025.
640x900 1/8 format.
Coated paper 115 g/m².
Offset printing.
Circulation 1000 copies. Order No. 20250110.

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

Issue Sponsor: **Dmitriy V. Blinov**

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

СТАТЬИ

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	8
Эффективность тренировки ходьбы по электромиограмме у пациентов с инсультом: экспериментальное продольное пилотное исследование Скворцов Д.В., Кауркин С.Н., Иванова Г.Е., Белоновская Н.К., Худайгулова А.Р.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	19
Принципы выбора физических факторов в раннем послеоперационном периоде лечения рака молочной железы: рандомизированное контролируемое исследование Евстигнеева И.С.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	30
Психоэмоциональное состояние детей с умственной отсталостью до и после выезда на отдых: результаты пилотного исследования Рябова М.А., Луговая Е.А.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	39
Влияние миофасциального релиза на показатели вариабельности сердечного ритма у лиц с вегетативной дисфункцией: рандомизированное контролируемое исследование Казанцева Т.В., Коломиец О.И.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	47
Влияние высокоинтенсивного фокусированного ультразвука на показатели качества сна у женщин с локальным жировым отложением в области подбородка: рандомизированное контролируемое исследование Ахмед Н.Т.М., Обайя Х.Э., Абд Эльхади А.А.Э., Саад А.Э., Абдельазиз А.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ	55
Психофизиологические технологии с биологической обратной связью в реабилитации пациентов после инсульта: рандомизированное контролируемое исследование Костенко Е.В., Котельникова А.В., Петрова Л.В., Погонченкова И.В., Филиппов М.С.	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	67
Современные возможности лабораторной диагностики стресса: обзор Пёхова Я.Г., Кузюкова А.А., Марченкова Л.А.	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	75
Постинсультные синкинезии: клиничко-реабилитационные аспекты. Обзор Петров К.Б., Митичкина Т.В.	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	84
Обоснование применения электрофореза лекарственных препаратов у пациентов со зрительными нарушениями после инсульта: обзор Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В., Марфина Т.В., Апханова Т.В.	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	91
Влияние физических нагрузок на иммунную систему в норме и при различных заболеваниях: обзор Вологжанин Д.А., Голота А.С., Игнатенко А.-М.И., Камилова Т.А., Ковлен Д.В., Усикова Е.В., Щербак С.Г.	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	103
Вегетативная дисфункция у пациентов с COVID-19: обзор Петров К.В., Можейко Е.Ю., Шанина Е.Г., Петров А.В.	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ	112
Анализ рисков информационной безопасности в центрах медицинской реабилитации: проблемы и перспективы. Обзор Зайцева Т.Н., Бараксанова К.М.	
ДИССЕРТАЦИОННАЯ ОРБИТА	120
Влияние реабилитации на уровень дистресса при хирургическом лечении рака шейки матки: сравнительное рандомизированное исследование Блинов Д.В., Солопова А.Г., Гамеева Е.В., Галкин В.Н., Иванов А.Е., Акавова С.А., Гридасова О.С.	

CONTENTS

ARTICLES

ORIGINAL ARTICLE	8
Effectiveness of Gait Training with Electromyogram in Stroke Patients: an Experimental Longitudinal Pilot Study Dmitry V. Skvortsov, Sergey N. Kaurkin, Galina E. Ivanova, Nina K. Belonovskaya, Aliya R. Khudaigulova	
ORIGINAL ARTICLE	19
Principles of Physical Factor Selection in the Early Postoperative Period of Breast Cancer Treatment: a Randomized Controlled Study Inna S. Evstigneeva	
ORIGINAL ARTICLE	30
Psycho-emotional State of Mentally Retarded Children Before and After Going on Holiday: a Pilot Study Findings Maryam A. Ryabova, Elena A. Lugovaya	
ORIGINAL ARTICLE	39
The Effect of Myofascial Release on Heart Rate Variability in Subjects with Autonomic Dysfunction: a Randomized Controlled Study Tatiana V. Kazantseva, Olga I. Kolomiets	
ORIGINAL ARTICLE	47
Effect of High-Intensity Focused Ultrasound on Sleep Quality Measures in Obese Doubled Chin Women: a Randomized Controlled Trial Nahla T.M. Ahmed, Hany E. Obaya, Azza A.E. Abd Elhadi, Ahmed E. Saad, Akram Abdelaziz	
ORIGINAL ARTICLE	55
The Psychophysiological Technology with Biofeedback in Complex Rehabilitation of Post-Stroke Patients: a Randomized Controlled Study Elena V. Kostenko, Anastasia V. Kotelnikova, Liudmila V. Petrova, Irena V. Pogonchenkova, Maksim S. Filippov	
REVIEW	67
Advanced Capabilities for In Vitro Stress Diagnostics: a Review Yana G. Pekhova, Anna A. Kuzyukova, Larisa A. Marchenkova	
REVIEW	75
Post-Stroke Synkinesis: Clinical and Rehabilitation Aspects. A Review Konstantin B. Petrov, Tatiana V. Mitichkina	
REVIEW	84
Rationale for the Use of Electrophoresis of Drugs in Post-Stroke Patients with Visual Impairments: a Review Detelina B. Kulchitskaya, Tatiana V. Konchugova, Tatyana V. Marfina, Tatiana V. Apkhanova	
REVIEW	91
Effect of Physical Activity on the Immune System in the Normal State and in Various Diseases: a Review Dmitry A. Vologzhanin, Aleksandr S. Golota, Anna-Maria I. Ignatenko, Tatyana A. Kamilova, Denis V. Kovlen, Elena V. Usikova, Sergey G. Shcherbak	
REVIEW	103
Autonomic Dysfunction in Patients with COVID-19: a Review Kirill V. Petrov, Elena Yu. Mozheyko, Elena G. Shanina, Artem V. Petrov	
REVIEW	112
Risk Analysis of Information Security in Medical Rehabilitation Centers: Problems and Outlook: a Review Tatiana N. Zaytseva, Kristina M. Baraksanova	
DISSERTATION ORBIT	120
Effect of the Rehabilitation on Distress Levels Among Patients Undergoing Surgical Treatment for Cervical Cancer: a Comparative Randomized Trial Dmitry V. Blinov, Antonina G. Solopova, Elena V. Gameeva, Vsevolod N. Galkin, Alexander E. Ivanov, Saida A. Akavova, Olga S. Gridasova	

Эффективность тренировки ходьбы по электромиограмме у пациентов с инсультом: экспериментальное продольное пилотное исследование

 Сковрцов Д.В.^{1,2,3},  Кауркин С.Н.^{1,2,*},  Иванова Г.Е.^{1,2},
 Белоновская Н.К.²,  Худайгулова А.Р.²

¹ Федеральный центр мозга и нейротехнологий ФМБА России, Москва, Россия

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

³ Федеральное научно-клиническое учреждение здравоохранения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Вызванная вследствие острого нарушения мозгового кровообращения слабость передней большеберцовой мышцы влияет на скорость, выносливость, безопасность и качество ходьбы. Среди различных методов реабилитации может применяться биологическая обратная связь (БОС) по амплитуде электромиограммы. Однако имеющиеся сведения об эффективности противоречивы.

ЦЕЛЬ. Изучить возможность восстановления функции передней большеберцовой мышцы при ходьбе методом БОС-тренировки по амплитуде электромиограммы у больных в ранний восстановительный период церебрального инсульта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследовалась группа из 22 пациентов (16 мужчин и 6 женщин; с поражением правого полушария головного мозга — 15 пациентов, левого — 7) с гемипарезом в ранний восстановительный период впервые возникшего полусферного ишемического инсульта. Пациенты получали БОС-тренировки ходьбы по амплитуде электромиограммы передней большеберцовой мышцы и индивидуальную программу реабилитации. До и после реабилитации проводились исследование биомеханики ходьбы и обследование с помощью клинических шкал.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Выявлено достоверное улучшение по клиническим шкалам оценки навыков и безопасности ходьбы в результате реабилитации. Показатель динамического индекса ходьбы (Dynamic Gait Index — DGI) приближается к параметру низкого риска падений (> 19 баллов), в результате чего ходьба становится безопаснее. Результат объективной диагностики продемонстрировал типичные для гемипареза изменения и асимметрии. Особенностью является асимметрия амплитуд голеностопных суставов в период переноса, которая существенно превосходит таковую на контрлатеральной стороне и группе контроля — синдром отвисающей стопы. В результате тренировки достоверно улучшились коэффициент ритмичности и максимум электрической активности *m. rectus femoris* и *m. hamstring* контрлатеральной стороны. Клинически и инструментально функция ходьбы больных с гемипарезом имеет ряд достоверных и незначительных улучшений за период лечения. Однако связать данные изменения с проводимым курсом тренировки по целевому параметру амплитуды активности *m. tibialis anterior* нет оснований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Эффективность тренировок по целевому параметру амплитуды электромиограммы для автоматизированной локомоции (ходьба) при наличии пареза центрального генеза может быть поставлена под сомнение и требует дальнейшего исследования.

РЕГИСТРАЦИЯ: Идентификатор ClinicalTrials.gov.: № NCT06299943; зарегистрировано 19.07.2021.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ходьба, церебральный инсульт, амплитуда электромиографии, биологическая обратная связь, БОС-тренировка, миография, передняя большеберцовая мышца, восстановление походки, биомеханика походки

Для цитирования / For citation: Сковрцов Д.В., Кауркин С.Н., Иванова Г.Е., Белоновская Н.К., Худайгулова А.Р. Эффективность тренировки ходьбы по электромиограмме у пациентов с инсультом: экспериментальное продольное пилотное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):8–18. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-8-18> [Skvortsov D.V., Kaurkin S.N., Ivanova G.E., Belonovskaya N.K., Khudaigulova A.R. Effectiveness of Gait Training with Electromyogram in Stroke Patients: an Experimental Longitudinal Pilot Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):8–18. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-8-18> (In Russ.)]

* Для корреспонденции: Кауркин Сергей Николаевич, E-mail: kaurkins@bk.ru, kaurkin@fccps.ru

Статья получена: 10.06.2024
Статья принята к печати: 01.10.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

Effectiveness of Gait Training with Electromyogram in Stroke Patients: an Experimental Longitudinal Pilot Study

 Dmitry V. Skvortsov^{1,2,3},  Sergey N. Kaurkin^{1,2,*},  Galina E. Ivanova^{1,2},
 Nina K. Belonovskaya²,  Aliya R. Khudaigulova²

¹ Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

³ Federal Research and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Weakness in the tibialis anterior muscle caused by acute cerebral circulatory failure affects the speed, endurance, safety and quality of gait. Among various rehabilitation methods, electromyogram amplitude biofeedback (BFB) can be used. However, the available evidence on its effectiveness is conflicting.

AIM. To study the possibility of restoring the function of the tibialis anterior muscle when walking by the biofeedback electromyogram amplitude training method in patients in the early recovery period of cerebral stroke.

MATERIALS AND METHODS. In this study, we examined 22 patients (16 men and 6 women) who had suffered their first hemispheric ischaemic stroke and were in the early recovery period, with lesions in either the right or left cerebral hemisphere (15 right / 7 left). The patients received biofeedback walking training according to the electromyographic amplitude of the tibialis anterior muscle and an individual rehabilitation program. Prior to and following the rehabilitation program, gait biomechanics studies and examinations with clinical scales were conducted.

RESULTS AND DISCUSSION. There was a significant improvement in clinical scales of assessment of walking skills and safety as a result of rehabilitation. The Dynamic Gait Index (DGI) indicator is approaching the low risk of falls parameter (> 19 points), as a result of which walking becomes safer. The objective diagnosis revealed typical changes and asymmetries associated with hemiparesis. A notable finding was the asymmetry in ankle joint amplitudes during the swing period, which was significantly greater than that of the contralateral side and the control group, characterized by foot drop syndrome.

As a result of the training, the rhythm coefficient and the maximum electrical activity of *m. rectus femoris* and *m. hamstring* of the contralateral side significantly improved. Clinically and instrumentally, the walking function of patients with hemiparesis has a number of significant and minor improvements during the treatment period. Nevertheless, there is no evidence to suggest that these changes can be attributed to the training program implemented for the target parameter, namely the activity amplitude of the *m. tibialis anterior*.

CONCLUSION. The effectiveness of training according to the target parameter of electromyogram amplitude for automated locomotion (walking), in the presence of paresis of the central genesis, can be questioned and requires further research.

REGISTRATION: ClinicalTrials.gov identifier No. NCT06299943; Registered 19.07.2021.

KEYWORDS: gait, cerebral stroke, electromyographic amplitude, biofeedback, biofeedback training, myography, tibialis anterior muscle, gait recovery, gait biomechanics

For citation: Skvortsov D.V., Kaurkin S.N., Ivanova G.E., Belonovskaya N.K., Khudaigulova A.R. Effectiveness of Gait Training with Electromyogram in Stroke Patients: an Experimental Longitudinal Pilot Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):8–18. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-8-18> (In Russ.).

* **For correspondence:** Sergey N. Kaurkin, E-mail: kaurkins@bk.ru, kaurkin@fccps.ru

Received: 10.06.2024

Accepted: 01.10.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

По данным Всемирной организации здравоохранения [1] от 2019 г. инсульт занимает второе место в списке главных причин смертности. Каждый год случается 12,2 млн новых случаев инсульта [2]. Чаще всего причиной инвалидности становится выпадение функции нижней конечности (65 %) [3].

Основные проблемы — это нарушение движения в коленном суставе и отвисание стопы из-за слабости в работе передней большеберцовой мышцы, что сказывается на скорости ходьбы [4] и выносливости [5].

Применяются различные средства реабилитации: физические упражнения, роботизированные технологии [6], экзоскелеты [7], различные виды механотера-

пии, технологии с применением биологической обратной связи (БОС), электромиостимуляцию и функциональную [8] электростимуляцию мышц.

Частота встречаемости синдрома отвисающей стопы достигает 20–30 % [9]. За тыльное сгибание стопы отвечает передняя большеберцовая мышца. Есть способы ее активации электростимуляцией [10, 11]. Работа Но С., Adcock L. [12] демонстрирует, что функциональная электростимуляция и ортез голеностопного сустава оказывают одинаковый эффект. Применялась эффективно стимуляция малоберцового нерва [13, 14].

Используется так же БОС-технология [15, 16]. В частности, по сигналу электромиографии [17] были получены положительные результаты.

Результативной оказалась БОС по амплитуде голеностопного сустава [18]. Есть попытки использовать методы аудиовизуальной [19] и вибротактильной БОС с помощью электромиограммы [20]. Имеются данные о результатах тренировок на дорожке BIODEX [21] и аппарате Lokomat [22] с визуальной БОС.

Однако результаты использования БОС, применяемые для восстановления нарушенного движения в коленном суставе и при отвисании стопы в ранний восстановительный период, практически отсутствуют.

Гипотеза исследования — целенаправленная тренировка ходьбы с БОС по параметру амплитуды электромиограммы передней большеберцовой мышцы позволяет восстановить/улучшить ее биоэлектрическую активность.

ЦЕЛЬ

Изучить возможность восстановления функции передней большеберцовой мышцы при ходьбе методом БОС-тренировки по амплитуде электромиограммы у больных в ранний восстановительный период церебрального инсульта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено в рамках государственного задания федерального медико-биологического агентства (ФМБА России) «Разработка новых технологий медицинской реабилитации у пациентов с поражениями и заболеваниями головного мозга» — АААА-А19-119042590030-2 (научно-исследовательская работа).

Исследуемые группы

Характеристика исследуемых групп представлена в таблице 1.

Критерии включения и исключения

Критерии включения в научную работу и исключения из нее соответствуют наличию у испытуемых факторов, ограничивающих медицинскую реабилитацию, факторов риска реабилитации и проявлению функционального дефицита у пациентов. Подробно требования для участия представлены в предыдущих работах [23].

Группа контроля состояла практически из здоровых лиц, не имеющих в анамнезе неврологического дефицита и заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Дизайн исследования

Дизайн исследования — экспериментальное продольное пилотное исследование.

Все манипуляции и медицинские услуги, проведенные и описываемые в данной статье, соответствуют этическим нормам и этическими принципами Хельсинкской декларации.

Методика оценки функции ходьбы

Оценка двигательной функции осуществлялась с помощью объективной диагностики с применением инерционных сенсоров и клинических шкал. Инерционные сенсоры, входящие в состав оборудования для диагностики двигательной патологии «Стэдис» («Нейрософт», г. Иваново), в составе семи датчиков размещались на поясничной области и нижних конечностях пациента и производили регистрацию амплитудных показателей суставов и параметров электромиографии исследуемых мышц во время диагностической ходьбы пациента в произвольном темпе на расстоянии 45 м (рис. 1). Полностью комплекс «Стэдис» включает в себя рабочий компьютер с Wi-Fi, регистрирующую программу, фиксирующие ленты для размещения датчиков на испытуемом, электроды и кабели для регистрации миографии.

В результате исследования с помощью диагностического комплекса были получены данные о следующих параметрах: длительность цикла шага (в секундах), коэффициент ритмичности, высота подъема стопы (в сантиметрах), скорость ходьбы (в км/ч), периоды опоры, одиночной опоры, суммарный двойной опоры и начало второй двойной опоры.

Регистрация амплитудных показателей суставов осуществлялась в сагиттальной плоскости для тазобедренного, коленного и голеностопного суставов. Регистрирующая программа формировала индивидуальные гониограммы каждого сустава с обозначением показателей: максимальные амплитуды в тазобедренном

Таблица 1. Характеристика исследуемых групп
Table 1. Data of the study groups

Группа / Group	Пациенты / Patients	Пол / Sex		Полушарие / Hemisphere		Дни / Days	Возраст / Age	Рост, см / Height, cm	Вес, кг / Weight, kg
		Мужской / Male	Женский / Female	Правое / Right	Левое / Left				
Основная / Main	22	16	6	15	7	77,8 ± 32,2 (29–140)	56 ± 12,6 (23–75)	171,7 ± 8,3 (152–188)	75,1 ± 12,9 (50–100)
Контрольная / Control	34	18	16	–	–	–	29 ± 7,3 (20–54)	173,1 ± 7,7 (155–188)	69,3 ± 15,6 (47–100)

($T_{\text{общ.}}$, в градусах), коленном ($K_{\text{общ.}}$, в градусах) и голеностопном ($A_{\text{общ.}}$, в градусах) суставах. Для голеностопного сустава отдельно считались амплитуда первого разгибания («перекат через пятку») ($A1$, в градусах), амплитуда максимального разгибания при отрыве стопы для переноса ($A2$, в градусах) и амплитуда сгибания в фазу переноса ($A3$, в градусах).

Параметры функциональной электромиографии мышц нижних конечностей: tibialis anterior, gastrocnemius, rectus femoris и hamstring в результате диагностики представлены показателем максимально развиваемой амплитуды за цикл шага в мкВ.

Клинические шкалы определяют функциональную возможность пациента и оценку трудностей и ограничений самостоятельной ходьбы: оценка мышечной силы (Medical Research Council Weakness Scale — MRC), оценка мышечного тонуса (Modified Ashworth Scale — MAS), Тест «Встань и иди» (Timed Up and Go Test — TUG), динамический индекс ходьбы (Dynamic Gait Index — DGI) и тест 10-метровой ходьбы (10 Meter Walk Test — 10MWT).

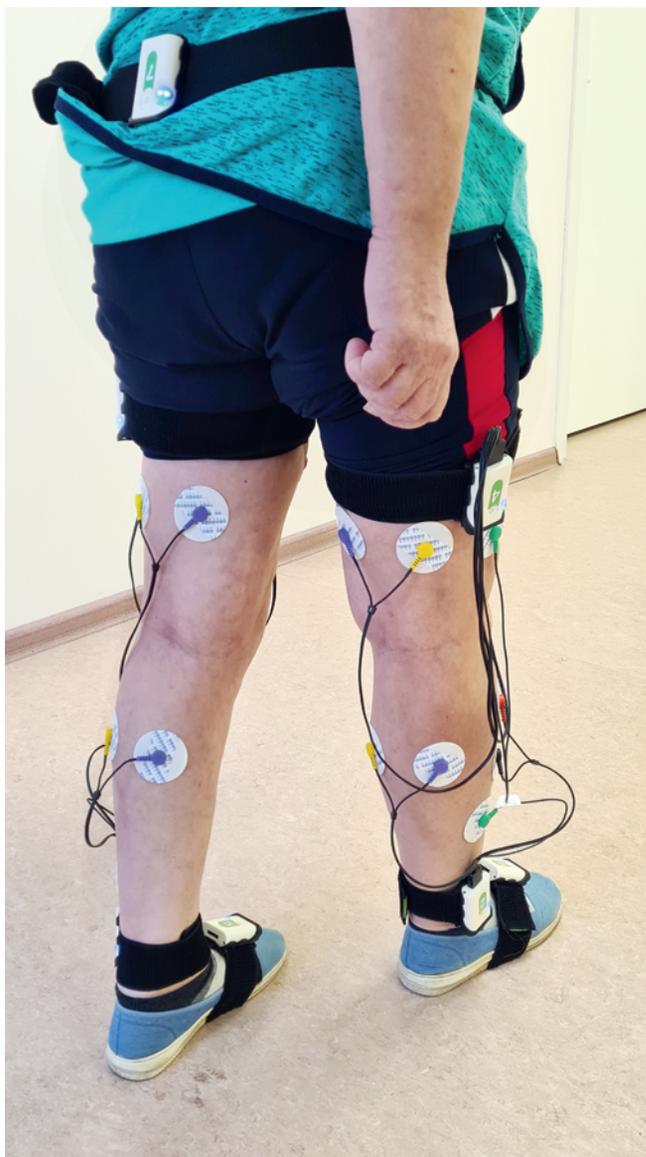


Рис. 1. Процесс регистрации кинематических и электромиографических параметров функции ходьбы
Fig. 1. The process of recording kinematic and electromyographic parameters during the gait analysis

Реабилитационный диагноз состоял из доменов, описывающих имеющуюся проблему в передвижении на момент осмотра и динамику реабилитационного процесса согласно Международной классификации функционирования (МКФ): функция стереотипа походки (b770), преодоление препятствий (d4551) и ходьба на короткие расстояния (d4500).

Методика БОС-тренировки

Тренировка функции ходьбы осуществлялась методом БОС по значению максимальной амплитуды электромиограммы с использованием комплекса «Стэдис» (рис. 2). В программе комплекса «Стэдис» обозначался тренировочный диапазон, где выход за рамки отображался как ошибочный, при этом замедлялось передвижение по виртуальной среде. Автоматический алгоритм тренировки настроен таким образом, что при успешном выполнении диапазон изменений корректируется в сторону большей симметрии параметров.

Тренировочная сессия проводилась в автоматическом режиме до утомления пациента. Кроме этого, принимался во внимание регресс параметров тренировки: отсутствие динамики изменения тренируемых параметров, снижение ритмичности движения, увеличение пределов изменения тренируемого параметра. Количество тренировочных сессий варьировалось от 8 до 11 (среднее количество — 9 ± 1). В среднем длительность тренировки составила 13:19 минут (от 2:14 и до 30:00 минут). Средняя скорость ходьбы пациентов составила $1,1 \pm 0,3$ км/ч (от 0,32 и до 1,82 км/ч).



Рис. 2. Процесс тренировки с биологической обратной связью ходьбы по амплитуде электромиограммы
Fig. 2. Biofeedback training process

Индивидуальный план медицинской реабилитации, направленный на улучшение двигательной функции, осуществлялся продолжительностью в 60 минут и включал занятия по лечебной физической культуре с использованием методик Бобат-терапия и Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, онтогенетически обусловленную кинезиотерапию, механотерапию на тренажере Thera-vital (суставная гимнастика) и индивидуальную тренировку ходьбы с инструктором-методистом по лечебной физической культуре.

Статистический анализ

Обработка полученных результатов проведена стандартными методами вариационной статистики с расчетом средних значений и среднеквадратичного отклонения. Вычислялись медиана и квартили (25 % процентиль; 75 % процентиль). Использовался программный пакет Statistica 12. Оценку достоверности различий выполняли с помощью критерия Вилкоксона — Манна — Уитни с критерием $p < 0,05$. Проводили сравнительную оценку аналогичных параметров контралатеральной и паретичной сторон с показателями контрольной группы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика параметров функциональных шкал и доменов МКФ представлена на рисунке 3.

Обнаружено достоверное улучшение по шкалам «Динамический индекс ходьбы» (DGI) и «Встань и Иди» (TUG) ($p < 0,05$). 10MWT демонстрирует увеличение скорости в 1,5 раза ($p < 0,05$). Домены МКФ демонстрируют достоверное уменьшение проблематики ($p < 0,05$).

Результаты исследования по шкалам оценки мышечной силы (MRC) и оценки мышечного тонуса (MAS) представлены на рисунке 4.

По результатам исследования обнаружено улучшение по всем мышечным группам в виде увеличения мышечной силы и снижения патологического мышечного тонуса, однако достоверные изменения отсутствуют.

Данные анализа пространственно-временных параметров ходьбы представлены в таблице 2.

Параметр цикла шага демонстрирует достоверное увеличение как с паретичной, так и с контралатеральной стороны по сравнению с группой контроля до и после лечения ($p < 0,05$). Высота подъема стопы контралатеральной и паретичной конечностей меньше показателей группы контроля как до так и после лечения ($p < 0,05$). Высота подъема стопы паретичной конечности меньше контралатеральной как до так и после лечения ($p < 0,05$). Коэффициент ритмичности ходьбы демонстрирует достоверное снижение по сравнению с группой контроля до и после лечения ($p < 0,05$). Отмечается достоверное увеличение коэффициента ритмичности ($p < 0,05$) после проведенного курса лечения. Скорость ходьбы пациентов демонстрирует достоверное снижение по сравнению с группой контроля до и после лечения ($p < 0,05$).

Данные анализа фаз цикла шага представлены в таблице 3.

Показатель периода опоры контралатеральной и паретичной конечностей достоверно больше, чем показатель группы контроля как до, так и после лечения ($p < 0,05$). Показатель периода опоры контралатеральной конечности достоверно больше паретичной до и после

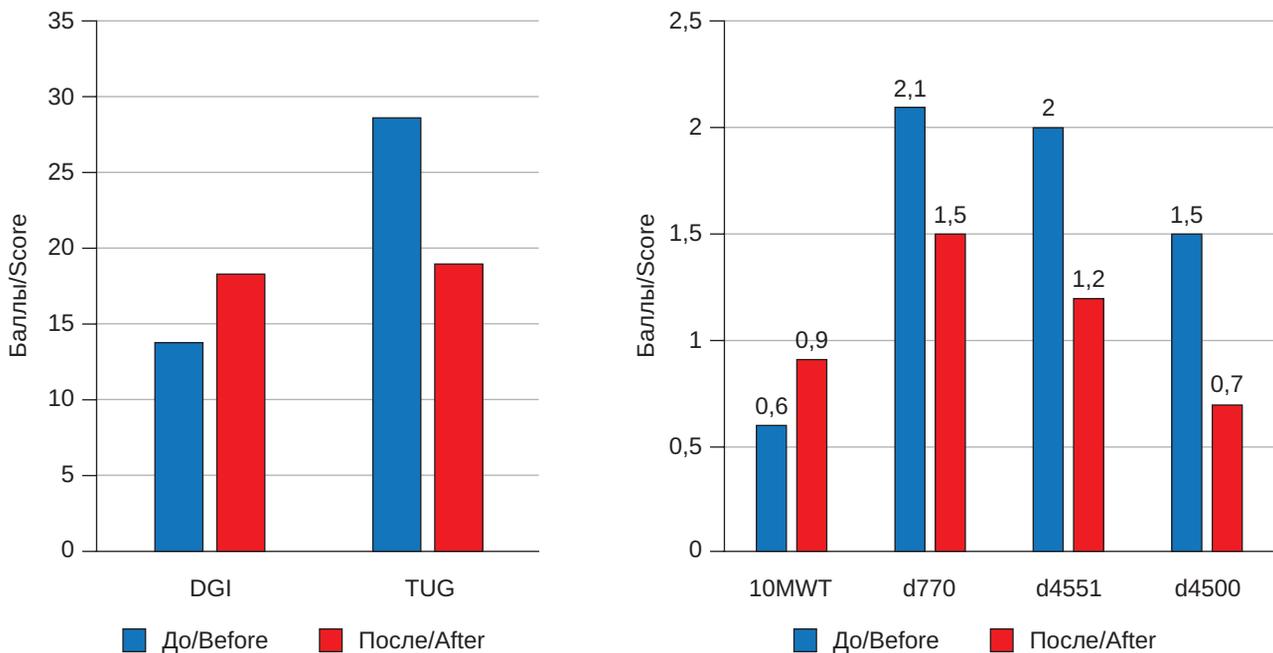


Рис. 3. Динамика по шкалам и доменам Международной классификации функционирования. Изменения каждого параметра достоверны с вероятностью $p < 0,05$

Fig. 3. Dynamics by the scales and domains of the International Classification of Functioning. Changes in each parameter are significant with probability $p < 0.05$

Примечание: DGI — динамический индекс ходьбы; TUG — тест «Встань и иди»; 10MWT — тест 10-метровой ходьбы; b770 — функция стереотипа походки; d4551 — преодоление препятствий; d4500 — ходьба на короткие расстояния.

Note: DGI — Dynamic Gait Index; TUG — Timed Up and Go test; 10MWT — 10 Meter Walk test; b770 — gait pattern function; d4551 — overcoming obstacles; d4500 — walking short distances.

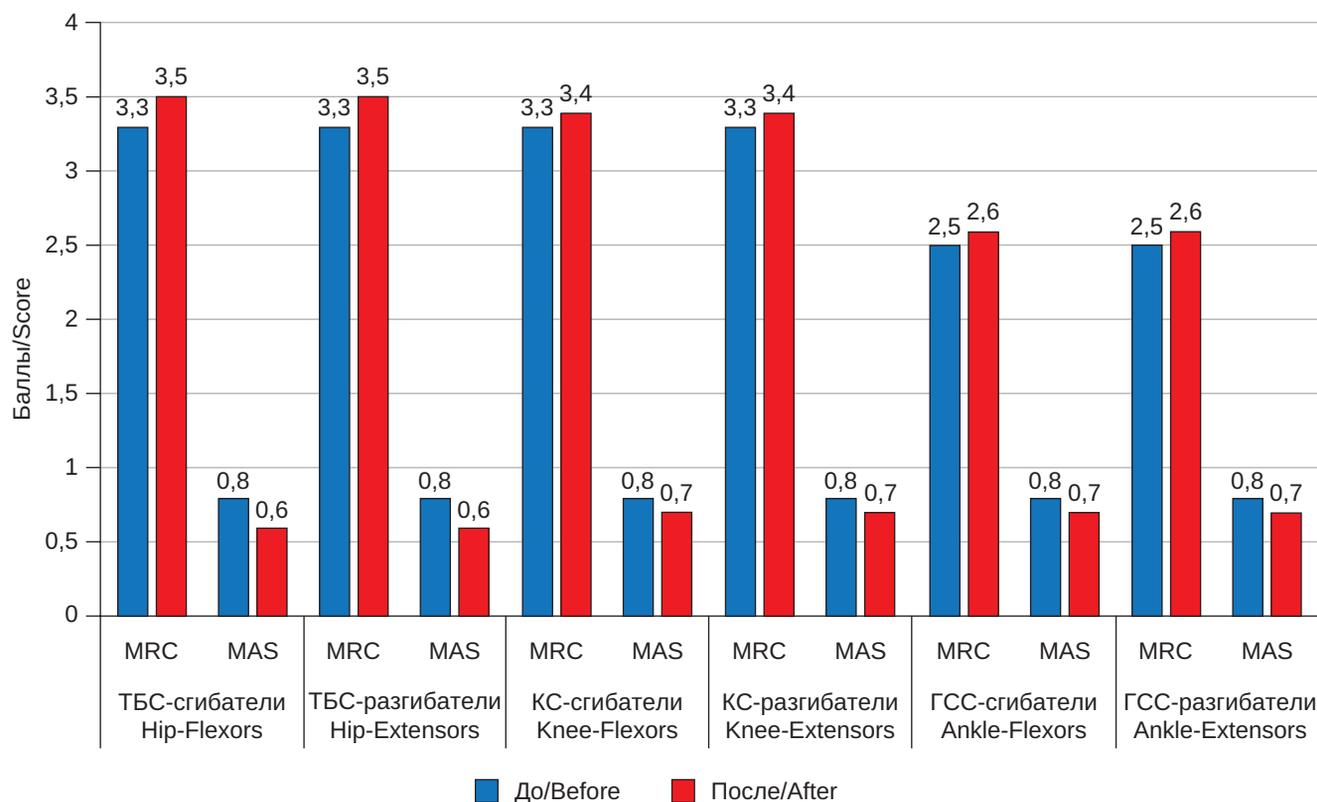


Рис. 4. Результаты исследования по шкале оценки мышечной силы (MRC) и мышечного тонуса (MAS) (средние значения)
Fig. 4. Results of the study using the muscle rating scale (MRC) and the muscle tone scale (MAS) (mean values)

Таблица 2. Пространственно-временные параметры ходьбы для контрлатеральной и паретичной сторон в сравнении с контрольной группой (контроль)
Table 2. Spatiotemporal parameters of walking for the contralateral and paretic (paretic) sides in comparison with the control group (control)

Параметр / Parameter	До / Before		После / After		Контроль / Control
	Контрлатеральная / Contralateral	Паретичная / Paretic	Контрлатеральная / Contralateral	Паретичная / Paretic	
Цикл шага / Gait cycle	1,8 [1,5; 1,9]*	1,8 [1,5; 1,9]*	1,6 [1,4; 1,7]*	1,6 [1,4; 1,7]*	1,1 [1,1; 1,2]
Высота подъема стопы / Clearance	11 [10; 12]*	8 [6; 10]**	12,5 [11; 13]*	10 [6; 12]**	13,5 [12; 15]
Коэффициент ритмичности / Rhythm coefficient	0,6 [0,5; 0,9]*		0,8 [0,7; 0,9]* [§]		1 [1; 1]
Скорость ходьбы / Gait speed	1,4 [0,9; 1,8]*		1,7 [1,1; 2,3] *		4,3 [4,1; 4,5]

Примечание: * — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же значением в контрольной группе); # — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же показателем контрлатеральной стороны); [§] — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же показателем до лечения).
Note: * — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the same value in the control group); # — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the same value of the contralateral side); [§] — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the pre-treatment value).

Таблица 3. Фазы ходьбы для контрлатеральной и паретичной сторон в сравнении с контрольной группой (контроль)
Table 3. Walking phases for the contralateral and paretic sides in comparison with the control group (control)

Параметр / Parameter	До / Before		После / After		Контроль / Control
	Контрлатеральная / Contralateral	Паретичная / Paretic	Контрлатеральная / Contralateral	Паретичная / Paretic	
Период опоры, % / Stance phase, %	77,1 [70; 83]*	65,5 [62,2; 68,8]**	73,9 [69,4; 75,9]** [§]	66,1 [62,1; 68,2]**	63,1 [62,4; 64,4]
Одиночная опора, % / Single stance phase, %	35,2 [31,7; 37,9]*	22,2 [16,3; 30]**	34,2 [32,4; 37,4]*	26,9 [23,9; 29,8]**	36,9 [35,6; 37,9]
Двойная опора, % / Double stance phase, %	43,1 [36,5; 46]*	42,3 [36; 46,2]*	37,6 [32,9; 43,3]*	38 [33,1; 43,3]*	26,1 [24,6; 28,1]
Начало второй двойной опоры, % / Beginning of terminal double limb stance phase, %	56,6 [52,3; 61,1]*	43,1 [38,5; 48,4]**	55 [52,3; 58,6]*	45 [42,7; 47,7]**	49,9 [49,6; 50,3]

Примечание: * — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же значением в группе контроля);
 # — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же показателем контрлатеральной стороны);
 § — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же показателем до лечения).

Note: * — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the same value in the control group); # — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the same value of the contralateral side); § — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the pre-treatment value).

лечения ($p < 0,05$). Обнаружено достоверное уменьшение показателя периода опоры контрлатеральной конечности ($p < 0,05$) после проведенного лечения. Параметр одиночной опоры контрлатеральной и паретичной конечностей достоверно меньше, чем показатель группы контроля до и после лечения ($p < 0,05$). Показатель одиночной опоры контрлатеральной конечности достоверно больше паретичной до и после лечения ($p < 0,05$). Период двойной опоры демонстрирует достоверное увеличение по сравнению с группой контроля для обеих сторон до и после проводимого лечения ($p < 0,05$). Показатель начала второй двойной опоры контрлатеральной стороны достоверно выше по сравнению с группой контроля и паретичной стороной до и после лечения ($p < 0,05$). Показатель начала второй двойной опоры паретичной стороны достоверно ниже по сравнению с группой контроля до и после проводимого лечения ($p < 0,05$).

Кинематические параметры для тазобедренного, коленного и голеностопного суставов представлены в таблице 4.

Амплитуда тазобедренного сустава паретичной конечности достоверно ниже по сравнению с амплитудой в группе здоровых и показателем контрлатеральной конечности до и после лечения ($p < 0,05$). Амплитуда коленного сустава паретичной и контрлатеральной конечностей достоверно ниже по сравнению с амплитудой в группе контроля до и после лечения ($p < 0,05$). Амплитуда движения коленного сустава паретичной конечности достоверно ниже контрлатеральной до и после лечения ($p < 0,05$). Общая амплитуда голеностопного сустава ($A_{общ.}$) паретичной и контрлатеральной конечностей достоверно ниже по сравнению с амплитудой в группе контроля до и после лечения ($p < 0,05$). Амплитуда A1 паретичной конечности достоверно меньше показателей группы контроля и контрлатеральной конечности

до и после лечения ($p < 0,05$). Амплитуда A2 контрлатеральной и паретичной конечностей достоверно больше показателей нормы до и после лечения ($p < 0,05$). Амплитуда A3 паретичной конечности достоверно меньше показателя в контрольной группе и контрлатеральной конечности до и после лечения ($p < 0,05$).

Достоверных отличий одноименных амплитудных параметров в результате проведенного лечения обнаружено не было.

Максимальная электромиографическая активность мышц, ответственных за ходьбу, представлена в таблице 5.

Максимум электрической активности *m. tibialis anterior* и *m. gastrocnemius* паретичной конечности достоверно ниже показателя в контрольной группе и показателя контрлатеральной стороны до и после лечения ($p < 0,05$). Для *m. rectus femoris* контрлатеральной конечности достоверно выше показателей паретичной стороны и показателя контрольной группы до и после лечения ($p < 0,05$). Для *m. hamstring* паретичной конечности достоверно ниже показателей контрольной группы и контрлатеральной стороны до и после лечения ($p < 0,05$) и на контрлатеральной стороне достоверно возрастает после курса реабилитации ($p < 0,05$).

Мы не получили каких-либо осложнений или нежелательных реакций на проводимую БОС-тренировку.

Негативных последствий от тренировочного процесса у испытуемых отмечено не было. Результаты шкал демонстрируют статистическое улучшение по всем двигательным тестам. Функциональные задачи, кодируемые в доменах МКФ, продемонстрировали статистически значимое улучшение ходьбы.

Пространственно-временные параметры походки демонстрируют алгоритм, свойственный пациентам с острым нарушением мозгового кровообращения [23–26].

Таблица 4. Амплитудно-фазовые параметры движения тазобедренного, коленного и голеностопного суставов для контрлатеральной и паретичной сторон в сравнении с контрольной группой (контроль)

Table 4. Amplitude-phase parameters of joint movement: hip, knee and ankle for the contralateral and paretic sides in comparison with the control group (control)

Параметр / Parameter	До / Before		После / After		Контроль / Control
	Контрлатеральная / Contralateral	Паретичная / Paretic	Контрлатеральная / Contralateral	Паретичная / Paretic	
Максимальная амплитуда в тазобедренном суставе / HipROM	30 [27; 36]	19,5 [13; 22]**	33 [29; 38]	21,5 [17; 27]**	33 [30; 37]
Максимальная амплитуда в коленном суставе / KneeROM	46,3 [42,2; 50,8]*	32,2 [27,9; 36,5]**	50,3 [41,9; 54,3]*	39,2 [30,6; 46,7]**	62 [58; 66]
Максимальная амплитуда в голеностопном суставе / AnkleROM	23 [19; 24]*	25 [18; 31]*	25 [23; 27]*	28 [19; 33]*	31 [28; 34,5]
Амплитуда первого разгибания в голеностопном суставе / Ankle amplitude 1	12,1 [9,3; 14,7]	6,1 [1,8; 10,3]**	11,9 [7,4; 13,6]	8,7 [5,4; 11,6]**	12 [10; 15]
Амплитуда максимального разгибания при отрыве стопы для переноса в голеностопном суставе / Ankle amplitude 2	-8,3 [-12,5; -5,3]*	-7,6 [-15,1; -2,7]*	-11 [-13,6; -7,1]*	-9,2 [-15,4; -4,9]*	-9 [-22; -16]
Амплитуда сгибания в фазу переноса в голеностопном суставе / Ankle amplitude 3	-0,5 [-3,6; 2,1]	-14 [-21,5; -5,3]**	0,5 [-4,8; 1,5]	-13,4 [-19,5; -6,9]**	-1 [-3; 1]

Примечание: * — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же значением в группе контроля); # — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же показателем контрлатеральной стороны).

Note: * — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the same value in the control group); # — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the same value of the contralateral side).

Таблица 5. Максимальные амплитуды электромиографии исследуемых мышц для контрлатеральной и паретичной сторон в сравнении с контрольной группой (контроль)

Table 5. Maximum electromyographic amplitudes of the studied muscles for the contralateral and paretic sides in comparison with the control group (control)

Мышца / Muscle	До / Before		После / After		Контроль / Control
	Контрлатеральная / Contralateral	Паретичная / Paretic	Контрлатеральная / Contralateral	Паретичная / Paretic	
Tibialis anterior	126 [100; 185]	77,5 [38; 106]**	163 [106; 206]	82 [54; 115]**	158,5 [117,5; 186]
Gastrocnemius	157,5 [104; 197]	52,5 [38; 60]**	178 [106; 233]	68,5 [46; 84]**	154 [112,5; 202]
Rectus femoris	98,5 [62; 124]*	59,5 [36; 90]#	108 [70; 150]*	52 [32; 85]#	62,5 [41; 86]
Hamstring	98,5 [75; 179]	47,5 [37; 80]**	127 [72; 179]* [§]	63,5 [32; 83]**	83 [61,5; 123]

Примечание: * — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же значением в группе нормы); # — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же показателем контрлатеральной стороны); § — достоверно с вероятностью $p < 0,05$ (по сравнению с таким же показателем до лечения).

Note: * — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the same value in the control group); # — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the same value of the contralateral side); § — significant, with probability $p < 0.05$ (compared to the pre-treatment value).

Как до, так и после окончания реабилитационного процесса имеются типичные для гемипареза изменения и асимметрии. При этом динамика изменений на исследуемой дистанции относительно небольшая. Достоверно значимым является увеличение коэффициента ритмичности, уменьшения длительности периода опоры на контрлатеральной стороне.

Для функции суставов нижних конечностей имеются характерные симптомы гемипареза. Амплитуда АЗ голеностопного сустава в период переноса паретичной стороны существенно превосходит таковую на контрлатеральной стороне и в группе контроля. Это, собственно, симптом отвисающей стопы, и динамика здесь отсутствует.

Параметры функции мышц демонстрируют достоверное снижение амплитуды у *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius* и *m. hamstring* на стороне пареза. Максимум электрической активности *m. rectus femoris* контрлатеральной конечности демонстрирует достоверное увеличение по сравнению с паретичной стороной и контрольной группой до и после лечения.

В результате проведенного лечения достоверно увеличивается активность *m. hamstring* контрлатеральной стороны, и это единственный результат. Таким образом, проведенная целевая тренировка *m. tibialis anterior* не обнаружила объективно положительного влияния у данного контингента больных.

Сравнение с близкими исследованиями [16] показывает, что был получен положительный результат. Однако в работе Kibushi B. [27] также признается то, что электромиографическая БОС-тренировка для улучшения функции ходьбы остается предметом дискуссии. То, насколько в целом оправдано использование БОС-тренировки мышц для автоматизированных локомоций у больных с гемипарезом, требует дальнейшего исследования. Полученный нами результат данного исследования и пред-

шествующего, где также не было получено прямого подтверждения тренируемости автоматической функции паретичной стороны [23, 28], позволяет подвергнуть сомнению необходимость такой тренировки.

Таким образом, в результате полученного пациентами курса реабилитации произошли относительно незначительные изменения биомеханики ходьбы с улучшением функции паретичной стороны и снижением асимметрии. При этом мы не получили подтверждения влияния БОС-тренировки на целевой параметр.

Ограничения исследования

Небольшое количество обследованных в экспериментальной группе, время тренировки варьировало в соответствии с текущим состоянием пациента, отличалось количество тренировок у разных пациентов.

Незапланированные результаты

Все параметры биомеханического исследования как для паретичной, так и для интактной стороны имеют довольно высокую вариабельность. Очевидно, что отбор пациентов только на основе клинических параметров не является достаточным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам клинических шкал и объективной диагностики функция ходьбы пациентов в первые шесть месяцев после острого нарушения мозгового кровообращения имеет ряд достоверных улучшений за 21 день лечения в реабилитационном отделении. Однако связать данные изменения с проводимым курсом БОС-тренировки ходьбы с использованием в качестве целевого параметра амплитуды активности передней большеберцовой мышцы нет оснований. Сама функция передней большеберцовой мышцы также не показывает достоверных изменений.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Скворцов Дмитрий Владимирович, заведующий лабораторией клинической биомеханики, Федеральный центр мозга и нейротехнологий ФМБА России; профессор, доктор медицинских наук кафедры медицинской реабилитации, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России; заведующий лабораторией спортивной медицины, Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2794-4912>

Кауркин Сергей Николаевич, кандидат медицинских наук, заведующий отделением ранней медицинской реабилитации, Федеральный центр мозга и нейротехнологий ФМБА России; доцент кафедры медицинской реабилитации, факультет дополнительного профессионального образования, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России.

E-mail: kaurkins@bk.ru, kaurkin@fccps.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5232-7740>

Иванова Галина Евгеньевна, руководитель отдела научно-исследовательского центра медицинской реабилитации, Федеральный центр мозга и нейротехнологий ФМБА России; профессор, доктор медицинских наук; заведующий

кафедрой медицинской реабилитации, факультет дополнительного профессионального образования, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3180-5525>

Белоновская Нина Константиновна, врач-ординатор, кафедра медицинской реабилитации, факультет дополнительного профессионального образования, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4152-8836>

Худайгулова Алия Раисовна, врач-ординатор, кафедра медицинской реабилитации, факультет дополнительного профессионального образования, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4367-567X>

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: Скворцов Д.В. — формирование дизайна исследования, поиск и обработка ли-

тературы, написание черновика рукописи; Кауркин С.Н. — проведение исследования, обработка первичных данных, статистическая обработка, написание текста статьи; Иванова Г.Е. — общее руководство, дизайн исследования; Белоновская Н.К. — проведение исследования, обработка данных; Худайгулова А.Р. — проведение исследования, обработка данных.

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания ФМБА России: научно-исследовательская работа «Разработка новых технологий медицинской реабилитации у пациентов с поражениями и заболеваниями головного мозга» — АААА-А19-119042590030-2.

Конфликт интересов. Скворцов Д.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 ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий» ФМБА России (протокол № 11/25-04-22 от 25.04.2022).

Информированное согласие. От всех пациентов (законных представителей) было получено письменное согласие на публикацию всей соответствующей медицинской информации, включенной в рукопись.

Декларация о наличии данных. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, находятся в открытом доступе в репозитории Mendeley Data по адресу: <https://doi.org/10.17632/mdsgrwnvgy.1>

ADDITIONAL INFORMATION

Dmitry V. Skvortsov, Head of Clinical Biomechanics Laboratory, Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies; Professor, D.Sc. (Med.), Medical Rehabilitation Chair, Pirogov Russian National Research Medical University; Head of the Sports Medicine Laboratory, Federal Research and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2794-4912>

Sergey N. Kaurkin, Ph.D. (Med.), Head of the Early Medical Rehabilitation Department, Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies; Associate Professor at the Department of Medical Rehabilitation, Pirogov Russian National Research Medical University.

E-mail: kaurkins@bk.ru, kaurkin@fccps.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5232-7740>

Galina E. Ivanova, Head of the Department of the Scientific Research Center for Medical Rehabilitation, Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies; Professor, D.Sc. (Med.), Head of the Department of Medical Rehabilitation, Pirogov Russian National Research Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3180-5525>

Nina K. Belonovskaya, Resident Doctor, Department of Medical Rehabilitation, Pirogov Russian National Research Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4152-8836>

Aliya R. Khudaigulova, Resident Doctor, Department of Medical Rehabilitation, Pirogov Russian National Research Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4367-567X>

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: Kaurkin S.N. — methodology, validation, writing — original draft, formal analysis; Skvortsov D.V. — methodology, project administration, writing — review & editing, conceptualization; Ivanova G.E. — supervision, writing — review & editing, resources, conceptualization; Belonovskaya N.K. — investigation, formal analysis; Khudaigulova A.R. — investigation, formal analysis.

Funding. The work was performed within the framework of the state task of the FMBA of Russia: Research and development of new technologies for medical rehabilitation in patients with brain lesions and diseases — ААААА-А19-119042590030-2.

Disclosure. Skvortsov D.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 Declaration of Helsinki as revised in 2013. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies, Protocol No. 11/25-04-22 dated 25.04.2022.

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

Data Availability Statement. The data that support the findings of this study are publicly available in the Mendeley Data repository at: <https://doi.org/10.17632/mdsgrwnvgy.1>

Список литературы / References

- World Health Organization. 2020 [The top 10 causes of death]. (Accessed 09.12.2020). Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death#:~:text=The%20top%20global%20causes%20of%20birth%20asphyxia%20and%20birth%20trauma%2C>
- The World Stroke Organization. Annual Report 2022. Available at: https://www.world-stroke.org/assets/downloads/WSO_Annual_Report_2022_-_online.pdf (Accessed 01.07.2024).
- Cauraugh J.H., Kim S.B. Chronic stroke motor recovery: duration of active neuromuscular stimulation. *Journal of the Neurological Sciences*. 2003; 215(1–2): 13–19. [https://doi.org/10.1016/S0022-510X\(03\)00169-2](https://doi.org/10.1016/S0022-510X(03)00169-2)
- Dorsch S., Ada L., Canning C.G., et al. The strength of the ankle dorsiflexors has a significant contribution to walking speed in people who can walk independently after stroke: an observational study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012; 93(6): 1072–1076. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.01.005>
- Ng S.S., Hui-Chan C.W. Contribution of ankle dorsiflexor strength to walking endurance in people with spastic hemiplegia after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012; 93(6): 1046–1051. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.12.016>

6. Mazzucchelli M, Mazzoleni D, Campanini I, et al. Evidence-based improvement of gait in post-stroke patients following robot-assisted training: A systematic review. *NeuroRehabilitation*. 2022; 51(4): 595–608. <https://doi.org/10.3233/nre-220024>
7. Nam Y.G., Lee J.W., Park J.W., et al. Effects of Electromechanical Exoskeleton-Assisted Gait Training on Walking Ability of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2019; 100(1): 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.06.020>
8. Dantas M.T.A.P., Fernani D.C.G.L., Silva T.D.D., et al. Gait Training with Functional Electrical Stimulation Improves Mobility in People Post-Stroke. *Int J Environ Res Public Health*. 2023; 20(9): 5728. <https://doi.org/10.3390/ijerph20095728>
9. Mao Y.R., Zhao J.L., Bian M.J., et al. Spatiotemporal, kinematic and kinetic assessment of the effects of a foot drop stimulator for home-based rehabilitation of patients with chronic stroke: a randomized clinical trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2022; 19(1): 56. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01036-0>
10. Sabut S.K., Sikdar C., Kumar R., et al. Functional electrical stimulation of dorsiflexor muscle: effects on dorsiflexor strength, plantarflexor spasticity, and motor recovery in stroke patients. *NeuroRehabilitation*. 2011; 29(4): 393–400. <https://doi.org/10.3233/NRE-2011-0717>
11. Cheng J.S., Yang Y.R., Cheng S.J., et al. Effects of combining electric stimulation with active ankle dorsiflexion while standing on a rocker board: a pilot study for subjects with spastic foot after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010; 91(4): 505–512. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.11.022>
12. Ho C., Adcock L. *Foot Drop Stimulators for Foot Drop: A Review of Clinical, Cost-Effectiveness, and Guidelines*. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health. Nov. 21, 2018. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537874/> (Accessed 01.07.2024).
13. Ng S.S., Hui-Chan C.W. Transcutaneous electrical nerve stimulation combined with task-related training improves lower limb functions in subjects with chronic stroke. *Stroke*. 2007; 38(11): 2953–2959. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.490318>
14. Jaqueline da Cunha M., Rech K.D., Salazar A.P., et al. Functional electrical stimulation of the peroneal nerve improves post-stroke gait speed when combined with physiotherapy. A systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med*. 2021; 64(1): 101388. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.03.012>
15. Frisk R.F., Jensen P., Kirk H., et al. Contribution of sensory feedback to plantar flexor muscle activation during push-off in adults with cerebral palsy. *J Neurophysiol*. 2017; 118(6): 3165–3174. <https://doi.org/10.1152/jn.00508.2017>
16. Dost Sürücü G., Tezen Ö. The effect of EMG biofeedback on lower extremity functions in hemiplegic patients. *Acta Neurol Belg*. 2021; 121(1): 113–118. <https://doi.org/10.1007/s13760-019-01261-w>
17. Aiello E., Gates D.H., Patriiti B.L., et al. Visual EMG Biofeedback to Improve Ankle Function in Hemiparetic Gait. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2005; 2005: 7703–7706. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2005.1616297>
18. Santucci V., Alam Z., Liu J, et al. Immediate improvements in post-stroke gait biomechanics are induced with both real-time limb position and propulsive force biofeedback. *J Neuroeng Rehabil*. 2023; 20(1): 37. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01154-3>
19. Spomer A.M., Conner B.C., Schwartz M.H., et al. Audiovisual biofeedback amplifies plantarflexor adaptation during walking among children with cerebral palsy. *J Neuroeng Rehabil*. 2023; 20(1): 164. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01279-5>
20. Bertucco M., Nardon M., Mueske N., et al. The Effects of Prolonged Vibrotactile EMG-Based Biofeedback on Ankle Joint Range of Motion During Gait in Children with Spastic Cerebral Palsy: A Case Series. *Phys Occup Ther Pediatr*. 2023; 43(3): 351–366. <https://doi.org/10.1080/01942638.2022.2151391>
21. Kaźmierczak K., Wareńczak-Pawlicka A., Miedzyblocki M., et al. Effect of Treadmill Training with Visual Biofeedback on Selected Gait Parameters in Subacute Hemiparetic Stroke Patients. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(24): 16925. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416925>
22. Tamburella F., Moreno J.C., Herrera Valenzuela D.S., et al. Influences of the biofeedback content on robotic post-stroke gait rehabilitation: electromyographic vs joint torque biofeedback. *J Neuroeng Rehabil*. 2019; 16(1): 95. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0558-0>
23. Скворцов Д.В., Кауркин С.Н., Иванова Г.Е., и др. Целенаправленная тренировка ходьбы в раннем восстановительном периоде у больных с церебральным инсультом (предварительное исследование). *Клиническая практика*. 2021; 12(4): 12–22. <https://doi.org/10.17816/clinpract77334> [Skvortsov D.V., Kaurkin S.N., Ivanova G.E., et al. Targeted walking training of patients in the early recovery period of cerebral stroke (preliminary research). *Journal of Clinical Practice*. 2021; 12(4): 12–22. <https://doi.org/10.17816/clinpract77334> (In Russ.)]
24. Chen G., Patten C., Kothari D.H., et al. Gait differences between individuals with post-stroke hemiparesis and non-disabled controls at matched speeds. *Gait Posture*. 2005; 22: 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.06.009>
25. Boudarham J., Roche N., Pradon D., et al. Variations in Kinematics during Clinical Gait Analysis in Stroke Patients. *PLoS One*. 2013; 8(6): e66421. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066421>
26. Wang Y., Mukaino M., Ohtsuka K., et al. Gait characteristics of post-stroke hemiparetic patients with different walking speeds. *Int J Rehabil Res*. 2020; 43(1): 69–75. <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000391>
27. Kibushi B. Electromyography biofeedback to improve dynamic motion. *Recent Advances in Alternative Medicine*. Jul. 9, 2023. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.1002064> (Accessed 01.07.2024).
28. Skvortsov D.V., Kaurkin S.N., Ivanova G.E. A Study of Biofeedback Gait Training in Cerebral Stroke Patients in the Early Recovery Phase with Stance Phase as Target Parameter. *Sensors*. 2021; 21(21): 7217. <https://doi.org/10.3390/s21217217>

Принципы выбора физических факторов в ранний послеоперационный период лечения рака молочной железы: рандомизированное контролируемое исследование

 Евстигнеева И.С.*

Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Современные модели онкореконструкции не учитывают нарушения функций пациента в процессе комбинированного лечения, пока у пациента не наступит нетрудоспособность, а нарушения не принимают хронический характер.

ЦЕЛЬ. Разработать алгоритмы выбора физических факторов в зависимости от клинико-функционального состояния пациенток после радикального хирургического лечения рака молочной железы (РМЖ) в ранний послеоперационный период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании приняли участие 179 женщин, перенесших операции радикальной мастэктомии по Маддену или радикальной резекции молочной железы по поводу рака молочной железы от IA до IIIA стадии (в ранний послеоперационный период — 2–4-е сутки). Все пациентки были рандомизированы на 5 групп: стандартный курс реабилитации включал общую магнитотерапию ($n = 37$), лечебную физкультуру, балансотерапию и занятия с медицинским психологом, которые дополнялись назначением низкотемпературной аргоновой плазмы ($n = 35$), пневмокомпрессией ($n = 35$), флюктуоризацией ($n = 35$) и электростатическим полем ($n = 37$). Оценивали болевой синдром (по визуально-аналоговой шкале), разницу длин окружностей верхних конечностей (в сантиметрах), силу мышц по Medical Research Council, объем движений в плечевых суставах, послеоперационные швы по шкале POSAS, суточный объем лимфорей, периферический кровоток, качество жизни по опроснику SF-36.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В ходе исследования установлено, что общая магнитотерапия нормализует индекс эффективности микроциркуляции и показатель шунтирования, снижая застойные явления на прооперированной стороне, и улучшает показатели качества жизни. Добавление в комплекс пневмокомпрессии влияет на объем лимфорей в 2,2 раза; флюктуоризация снижает болевой синдром в 2,2 раза и увеличивает амплитуду движения в плечевом суставе в 1,8 раза; электростатическое поле влияет на уменьшении отека, болевого синдрома и нейропатии в 2 раза; низкотемпературная плазма улучшает регенерацию послеоперационного шва и снижает отек и воспаление в данной области в 1,3 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Комплексный подход медицинской реабилитации на раннем этапе привел к сохранению результатов в отдаленном периоде через 1,5 и 6 месяцев после операции и не вызвал нежелательных явлений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: медицинская реабилитация, низкотемпературная аргоновая плазма, общая магнитотерапия, прерывистая пневмокомпрессия, локальная магнитотерапия, постмастэктомический синдром, рак молочной железы, ранний послеоперационный период, балансотерапия, первый этап медицинской реабилитации

Для цитирования / For citation: Евстигнеева И.С. Принципы выбора физических факторов в ранний послеоперационный период лечения рака молочной железы: рандомизированное контролируемое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):19–29. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-19-29> [Evstigneeva I.S. Principles of Physical Factor Selection in the Early Postoperative Period of Breast Cancer Treatment: a Randomized Controlled Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):19–29. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-19-29> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Евстигнеева Инна Сергеевна, E-mail: evstigneevais@mail.ru, evstigneevais@rmapo.ru

Статья получена: 30.07.2024
Статья принята к печати: 03.12.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

Principles of Physical Factor Selection in the Early Postoperative Period of Breast Cancer Treatment: a Randomized Controlled Study

 Inna S. Evstigneeva*

Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Current models of onco-rehabilitation do not consider the patient's functional impairment during combined treatment until the patient becomes incapacitated and the impairment develops into a chronic condition.

AIM. To develop algorithms for selecting physical factors depending on the clinical and functional state of patients after radical surgical treatment of breast cancer (BC) in the early postoperative period.

MATERIALS AND METHODS. The study involved 179 women who underwent radical Madden mastectomy or radical breast resection for breast cancer from stage IA to stage IIIA (in the early postoperative period — 2–4 days). All the patients were randomized into 5 groups: the standard rehabilitation course included general magnetotherapy ($n = 37$) exercise therapy, balance therapy and classes with a medical psychologist, supplemented by prescribing low-temperature argon plasma ($n = 35$), pneumocompression ($n = 35$), fluctuorization ($n = 35$) and an electrostatic field ($n = 37$). The pain syndrome (VAS), the difference in the circumference of the upper extremities (cm), muscle strength according to the Medical Research Council, the volume of movements in the shoulder joints, postoperative sutures according to the POSAS scale, daily volume of lymphorrhea, peripheral blood flow and life quality according to the SF-36 questionnaire were evaluated.

RESULTS AND DISCUSSION. The study found that general magnetic therapy normalizes the microcirculation efficiency index and the bypass index, reducing congestion on the operated side, and improves the quality of life. Adding pneumatic compression to the complex affects the volume of lymphorrhea by 2.2 times; fluctuorization reduces pain by 2.2 times and increases the range of motion in the shoulder joint by 1.8 times; the electrostatic field affects the reduction of edema, pain syndrome and neuropathy by 2 times; low-temperature plasma improves the regeneration of the postoperative suture and reduces edema and inflammation in this area by 1.3 times.

CONCLUSION. An integrated approach to medical rehabilitation at an early stage proved effective in maintaining results for up to 1.5 and 6 months following the surgery. There were no adverse events associated with this approach.

KEYWORDS: medical rehabilitation, low-temperature argon plasma, general magnetic therapy, intermittent pneumocompression, local magnetic therapy, postmastectomy syndrome, breast cancer, early postoperative period, balance therapy, stage 1 of medical rehabilitation

For citation: Evstigneeva I.S. Principles of Physical Factor Selection in the Early Postoperative Period of Breast Cancer Treatment: a Randomized Controlled Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):19–29. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-19-29> (In Russ.).

* **For correspondence:** Inna S. Evstigneeva, E-mail: evstigneevais@mail.ru, evstigneevais@rmapo.ru

Received: 30.07.2024

Accepted: 03.12.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует большое количество публикаций, подтверждающих клиническую эффективность и безопасность применения физических факторов у пациенток после радикального лечения рака молочной железы (РМЖ) [1, 2]. Согласно клиническим рекомендациям [3], при возникновении постмастэктомического синдрома рекомендуется применять пневмокомпрессию, лазеротерапию, низкочастотную магнитотерапию, электротерапию или глубокую осцилляцию с полной противозастойной терапией. Есть публикации о применении общей и локальной магнитотерапии в ранний послеоперационный период [4, 5], предложены методы применения физических факторов на поздних этапах медицинской реабилитации, когда сформировались осложнения радикального лечения РМЖ [6].

В ранний послеоперационный период реабилитация необходима для поддержания функций и снижения потери важных навыков или независимости, и она должна быть индивидуализирована в зависимости от фазы заболевания, функционального дефицита, личных потребностей и конкретных целей [7]. Описаны и ис-

пользуются комплексы восстановления женщин после оперативного лечения РМЖ, которые включают физиотерапию, психологические вмешательства, лечебную физкультуру и другие технологии медицинской реабилитации [8]. Предложены различные методы физиотерапии в реабилитации пациенток, перенесших радикальное лечение по поводу РМЖ, которые позволяют повысить эффективность противоопухолевого лечения, уменьшить возникающие осложнения и улучшить качество жизни [9–12].

Современные модели онкорезабилитации не учитывают нарушения функций пациента в процессе комбинированного лечения, пока у пациента не наступит нетрудоспособность, а нарушения не принимают хронический характер [13]. Поэтому перспективы изучения методологического подхода к применению физических факторов после хирургического лечения РМЖ в комплексе медицинской реабилитации есть, однако научных исследований персонализированного выбора физического фактора в зависимости от клинико-функционального состояния пациента с диагнозом РМЖ не проводилось.

ЦЕЛЬ

Разработать алгоритмы выбора физических факторов в зависимости от клинико-функционального состояния у пациенток после радикального хирургического лечения РМЖ в ранний послеоперационный период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено проспективное простое рандомизированное исследование в период с 2021 г. по 2023 г. в клинике им. профессора Ю.Н. Касаткина. В исследование было включено 179 женщин, перенесших операции радикальной мастэктомии по Маддену или радикальной резекции молочной железы по поводу РМЖ от IA до IIIA стадии (в ранний послеоперационный период — 2–4-е сутки после хирургического лечения).

Критерии включения/невключения

Критериями включения пациентов в исследование являлись возраст от 30 до 75 лет; проведенное радикальное хирургическое лечение РМЖ (радикальная мастэктомия по Маддену или радикальная резекция молочной железы); информированное согласие на участие в письменной форме.

Критерии неключения следующие: возраст моложе 30 лет и старше 75 лет; наличие сопутствующих острых инфекционных заболеваний.

Методом простой рандомизации пациентки были разделены на 5 групп, сопоставимых по возрасту, клинико-функциональным показателям, срокам назначения медицинской реабилитации и различающихся лишь по сочетанию физических факторов. Каждый курс послеоперационной реабилитации включал в себя общую магнитотерапию (ОМТ), лечебную физкультуру, балансотерапию и индивидуальные занятия с медицинским психологом. Продолжительность курса составляла 10 дней.

Первая группа (контрольная) — 37 пациенток с базовым курсом медицинской реабилитации. Основные группы — в базовый комплекс включали дополнительный физический фактор: во 2-й группе ($n = 35$) низкотемпературную аргоновую плазму (НТАП); в 3-й группе ($n = 35$) — переменную пневмокомпрессию (ППК); 4-й группе ($n = 35$) — флюктуирующие токи (ФТ); 5-й группе ($n = 37$) — низкочастотное электростатическое поле (НЧЭП).

Всем пациенткам перед началом курса реабилитации, после окончания, через 1–1,5 месяца и через 6 месяцев было проведено клинико-функциональное и лабораторное обследование, анкетирование.

Методы исследования

Методы исследования включали анализ выраженности жалоб, болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), оценку послеоперационных швов по шкале POSAS (The Patient and Observer Scar Assessment), суточного объема лимфоциркуляции, силы мышц кисти и рук по шкале Medical Research Council (MRC), разницу длин окружностей средней трети плеча и предплечья на обеих руках на симметричных уровнях, объем движений в плечевых суставах с помощью угломера. Для проведения неинвазивной клинической диагностики периферического кровотока, лимфотока использовали лазерный диагностический аппарат

«ЛАЗМА СТ»¹. Для оценки качества жизни использовали опросник здоровья Short Form-36 (SF-36).

Методика проведения процедур

Пациенткам 1-й группы проводили ОМТ по разработанной нами методике², продолжительность процедуры — 30 минут. Во 2-й группе сначала проводили процедуры ОМТ, затем без перерыва проводилось воздействие на область шва НТАП генерируемой изделием для терапии аргоновой плазмой «Плазма-200», время воздействия — 180 секунд. В 3-й группе после ОМТ без перерыва проводились процедуры переменной пневмокомпрессии туловища и нижних конечностей длительностью 30 минут; в 4-й группе после ОМТ без перерыва [10] делали электротерапию ФТ, время воздействия составило 20 минут; в 5-й группе дополнительно воздействовали НЧЭП 15 минут на область послеоперационной раны.

Нежелательных явлений во время исследования и в отдаленный период (через 6 месяцев после лечения) отмечено не было. Данное исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (протокол № 8 от 17.06.2021). Сбор данных, их последующая коррекция, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel (2016). Статистическая обработка результатов проводилась посредством Python 3.8.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Пациентки всех групп статистически значимо не различались по возрасту, средний возраст составил 58,0 [45,25; 65,75] лет ($p = 0,209$).

На 2–4-е сутки после операции болевой синдром пациентки характеризовали, как сильный по шкале ВАШ, и достоверных различий выявлено не было (рис. 1). По завершении реабилитации во всех группах отмечалось достоверное снижение балла по ВАШ ($p < 0,001$). Результаты в основных группах значимо выше по сравнению с группой контроля ($p < 0,001$). Наилучший результат зафиксировали в 3-й группе, где после курса ОМТ и ФТ болевой синдром снизился на 4 балла ($p < 0,0001$). Далее в порядке убывания снижение балла было следующим: ОМТ + НЧЭП ($p = 0,0320$) — на 3,4; ОМТ + ППК — ($p = 0,0329$) и ОМТ + НТАП ($p = 0,0431$) — на 2,8 балла. Через 1,5 месяца снижение болевого синдрома по ВАШ наблюдалось у всех пациенток и не имело значимых различий, а через 6 месяцев болевой синдром был купирован (рис. 1).

Перед началом реабилитации при осмотре послеоперационной области по шкале POSAS не было статистических различий — $p > 0,05$ (табл. 1). Преимущество в регенерации послеоперационной области обнаружили у пациенток, в курс реабилитации которых были включены НТАП ($5,27 \pm 0,5$ балла) и НЧЭП ($6,0 \pm 1,81$ балла). Через 1,5 месяца сохранялась такая же тенденция,

¹ Регистрационное удостоверение № РЗН 2017/5844 от 08.06.2017

² Патент на изобретение RU 2687599 C1 от 15.05.2019. Заявка № 2018141087 от 22.11.2018

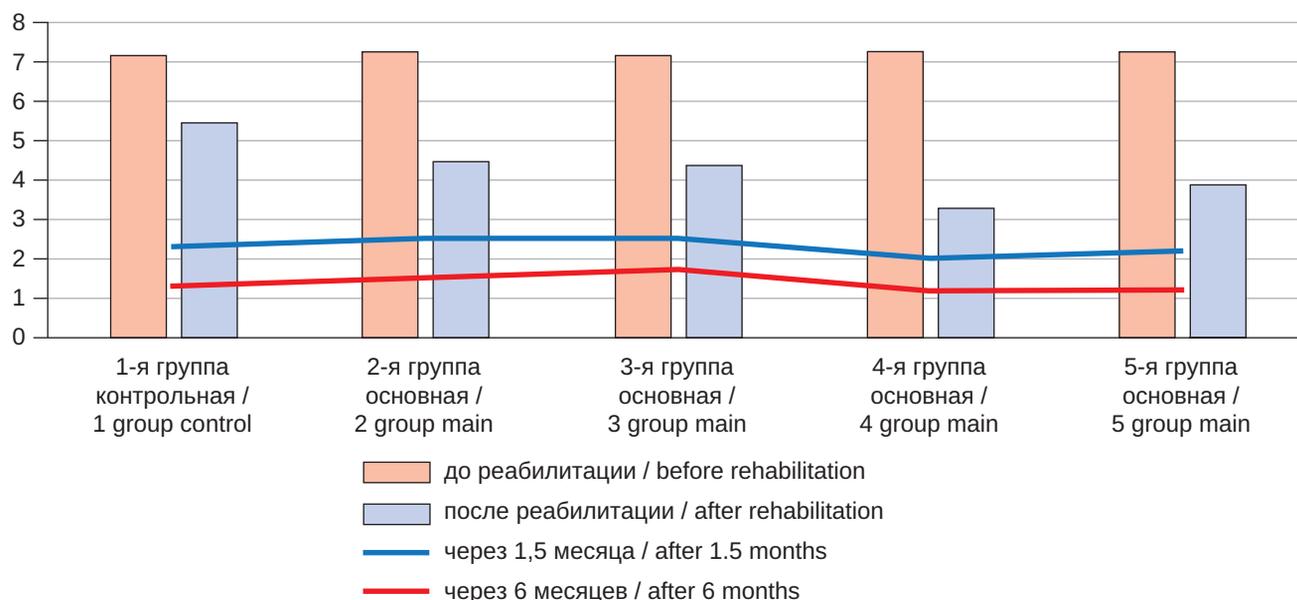


Рис. 1. Изменение интенсивности болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (баллы)
Fig.1. Changes in the intensity of pain syndrome according to the visual analogue scale (score)

Таблица 1. Динамика оценки области послеоперационной раны по шкале POSAS
Table 1. Dynamics of assessment of the postoperative wound area according to the POSAS scale

Исследуемые группы / Study groups	Этап исследования / Research stage				p
	До реабилитации / Before rehabilitation	После реабилитации / After rehabilitation	Через 1,5 месяца / After 1.5 months	Через 6 месяцев / After 6 months	
1-я группа (контрольная) / Group 1 (control) (n = 37)	14,7 ± 1,6 14,0 [12,9–15,0]	6,6 ± 2,5 6,6 [5,5–9,0]	1,8 ± 2,4 0,5 [0,0–3,5]	0,0 ± 0,0 0,0 [0,0–0,0]	< 0,0001*
2-я группа (основная) / Group 2 (main) (n = 35)	14,8 ± 1,65 14,5 [14,0–15,5]	5,27 ± 0,5** 5,0 [5,5–6,0]	0,7 ± 0,0** 0,7 [0,0–0,7]	0,0 ± 0,0 0,0 [0,0–0,0]	< 0,0001*
3-я группа (основная) / Group 3 (main) (n = 35)	14,52 ± 1,93 14,0 [14,0–15,9]	6,9 ± 1,5 8,0 [8,0–9,50]	2,5 ± 1,55 2,0 [1,0–3,1]	0,0 ± 0,0 0,0 [0,0–0,0]	< 0,0001*
4-я группа (основная) / Group 4 (main) (n = 35)	14,9 ± 1,9 15,0 [14,0–15,0]	6,1 ± 1,8 5,5 [5,0–7,0]	1,5 ± 0,4 0,0 [0,0–1,0]	0,0 ± 0,0 0,0 [0,0–0,0]	< 0,0001*
5-я группа (основная) / Group 5 (main) (n = 37)	14,4 ± 2,22 14,0 [14,0–15,3]	6,0 ± 1,81* 6,5 [6,0–9,0]	1,1 ± 0,7* 1,0 [1,0–3,0]	0,0 ± 0,0 0,0 [0,0–0,0]	< 0,0001*

Примечание: данные представлены в виде $M \pm m$, Me [Q1–Q3]. Достоверные различия между контрольной и основными группами: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

Note: data are presented in the form $M \pm m$, Me [Q1–Q3]. Significant differences between the control and main groups: * — $p < 0.05$; ** — $p < 0.01$.

в отдаленный период достоверных различий не выявлено, что свидетельствует о необходимости дополнительного воздействия на область послеоперационной раны дополнительными процедурами НТАП или НЧЭП.

Суточный объем лимфорееи во всех группах составлял 130,0 [120,0–130,0] мл ($p > 0,05$). После реабилитации наблюдали снижение этого показателя преимущественно в группе ОМТ + ППК: 30,0 [30,0–40,0] мл ($p < 0,0001$). В отдаленные периоды значимых различий не было.

До реабилитации наблюдали снижение силы верхней конечности по шкале MRC на стороне операции до $3,3 \pm 0,2$ баллов. Включение флюктуоризации или электростатического поля увеличило показатель до $4,2 \pm 0,2$ ($p < 0,05$) баллов, через 1,5 месяца показатели мышечной силы приближались к показателям здоровой руки ($4,7 \pm 0,2$ балла). В группах с ОМТ, НТАП и ППК показатели силы нормализовались через 6 месяцев, что свидетельствует о недостаточном влиянии данных методик на функцию силы верхней конечности.

Ослабление сухожильных рефлексов на верхней конечности со стороны операции было отмечено у 100 % пациенток. После реабилитации восстановление брахилатерального рефлекса наблюдалось в группе с ФТ (68,6 %), НЧЭП (46 %), НТАП и ППК (11,43 %), в контрольной группе (8,11 % пациенток). Через 1,5 месяца восстановление рефлекса наблюдалось у 88,6 % человек с ФТ и 83,8 % с НЧЭП. В 1-й, 2-й и 3-й группах данные показатели были ниже: 40,54 %, 45,71 %, 42,86 % соответственно. В отдаленный период сухожильные рефлексы были живые на обеих руках у всех пациенток.

Функция объема движений в плечевом суставе на стороне операции была нарушена перед началом ме-

дицинской реабилитации и статистически значимо различалась между группами ($p = 0,53$) у всех пациенток. В динамике на всех этапах исследования зафиксированы улучшения по сравнению с исходными показателями ($p < 0,001$) (табл. 2).

При сравнении с группой контроля значимые различия наблюдали в группах, где дополнительно проводили воздействия ФТ или НЧЭП. Данный факт говорит о необходимости включения данных физиофакторов в программы реабилитации в ранний послеоперационный период для быстрого восстановления биомеханики движений.

Перед началом реабилитации при осмотре зафиксирована статистически значимая разница длин окруж-

Таблица 2. Оценка функции объема движений в плечевом суставе со стороны операции

Table 2. Assessment of the function of the range of motion in the shoulder joint from the side affected by the surgical procedure

Исследуемые группы / Study groups	До реабилитации / Before rehabilitation	После реабилитации / After rehabilitation	Через 1,5 месяца / After 1,5 months	Через 6 месяцев / After 6 months	<i>p</i>	
1-я группа (контрольная) / Group 1 (control) (n = 37)	Отведение / abduction	55,0 [45,0–60,0]	80,0 [75,0–100,0]	145,0 [135,0–160,0]	180,0 [180,0–180,0]	< 0,0001*
	Сгибание / Flexion	60,0 [40,0–55,0]	80,0 [70,0–90,0]	140,0 [140,0–170,0]	180,0 [180,0–180,0]	< 0,0001*
	Разгибание / Extension	18,5 ± 2,1	32,0 ± 1,3	40,0 ± 22,5	49,0 ± 1,0	< 0,0001*
2-я группа (основная) / Group 2 (main) (n = 35)	Отведение / Abduction	45,0 [45,0–60,0]	80,0 [75,0–100,0]	145,0 [130,0–160,0]	180,0 [180,0–180,0]	< 0,0001*
	Сгибание / Flexion	45,0 [40,0–55,0]	70,0 [70,0–90,0]	140,0 [140,0–170,0]	180,0 [180,0–180,0]	< 0,0001*
	Разгибание / Extension	20,0 [20,0–30,0]	25,0 [20,0–30,0]	40,0 [40,0–50,0]	40,0 [40,0–50,0]	< 0,0001*
3-я группа (основная) / Group 3 (main) (n = 35)	Отведение / Abduction	50,0 [50,0–60,0]	90,0 [90,0–110,0]	150,0 [130,0–160,0]	180,0 [180,0–180,0]	< 0,0001*
	Сгибание / Flexion	50,0 [40,0–55,0]	70,0 [70,0–90,0]	150,0 [140,0–170,0]	180,0 [180,0–180,0]	< 0,0001*
	Разгибание / Extension	20,0 [20,0–30,0]	25,0 [25,0–35,0]	40,0 [40,0–50,0]	40,0 [40,0–50,0]	< 0,0001*
4-я группа (основная) / Group 4 (main) (n = 35)	Отведение / Abduction	60,0 [45,0–60,0]	110,0* [90,0–120,0]	170,0 [150,0–180,0]	180,0 [180,0–180,0]	< 0,0001*
	Сгибание / Flexion	50,0 [40,0–55,0]	100,0 [90,0–120,0]	180,0 [160,0–180,0]	180,0 [180,0–180,0]	< 0,0001*
	Разгибание / Extension	22,0 [20,0–30,0]	35,0 [25,0–38,0]	40,0 [40,0–50,0]	40,0 [40,0–50,0]	< 0,0001*
5-я группа (основная) / Group 5 (main) (n = 37)	Отведение / Abduction	60,0 [50,0–60,0]	100,0* [100,0–110,0]	155,0 [130,0–160,0]	180,0 [180,0–180,0]	< 0,0001*
	Сгибание / Flexion	40,0 [40,0–50,0]	85,0 [80,0–95,0]	160,0 [140,0–180,0]	180,0 [180,0–180,0]	< 0,0001*
	Разгибание / Extension	20,0 [20,0–30,0]	30,0 [25,0–35,0]	40,0 [40,0–50,0]	40,0 [40,0–50,0]	< 0,0001*

Примечание: данные представлены в виде Me [Q1–Q3]; * — $p < 0,0001$ в сравнении с группой контроля.

Note: data are presented as Me [Q1–Q3]; * — $p < 0.0001$ compared with the control group.

ностей между здоровой и со стороны операции верхней конечности в средней трети плеча: 2,6 [2,2–3,0] см ($p = 0,007$) и не имела значимых различий с другими группами наблюдения. После проведения курса реабилитации этот показатель значительно снижался во всех группах ($p < 0,001$), на остальных этапах осмотра разницы длины окружности между здоровой и верхней конечностью со стороны оперативного лечения не наблюдали (рис. 2).

При сравнении групп выявили достоверное различие между группой контроля и группами 3, 4 и 5 после окончания курса реабилитации и через 1,5 месяца после оперативного лечения ($p < 0,001$). Достоверных различий между группой контроля и 2-й группой не выявлено. Это свидетельствует о необходимости комбинированного воздействия ОМТ и ФТ или ППК или НЧЭП (благодаря механизму действия физических факторов и реализации снижения отека). Назначение ОМТ как монофактора или в сочетании с НТАП снижает послеоперационный отек в меньшей степени.

После хирургического лечения РМЖ происходят изменения лимфообращения и обращения верхней конечности и головного мозга, снижение скорости проведения нервных импульсов на стороне операции. Вследствие этого верхняя конечность и плечевой пояс со стороны операции находятся в состоянии хронической ишемии. Данный факт подтвердили сравнением показателей микроциркуляции здоровой руки и заинтересованной верхней конечности со стороны оперативного лечения с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии.

Перед началом реабилитации во всех группах на верхней конечности со стороны операции было выявлено снижение средней тканевой перфузии крови на 51,7 % ($p = 0,004$), среднего квадратичного откло-

нения, которые характеризуют изменчивость микроциркуляторного русла на 65,3 % ($p = 0,002$), что связано с ослаблением механизма регуляции микроциркуляции и закономерно подтверждается снижением коэффициента вариации на 28,5 % ($p = 0,036$). Кроме того, выявлено снижение индекса эффективности микроциркуляции на 66,7 % ($p = 0,003$) и показателя шунтирования на 30,7 % ($p = 0,014$), что характерно при застойных явлениях на стороне операции. Таким образом, показатели периферического кровотока пациенток свидетельствовали об ухудшении микроциркуляции и ослаблении механизмов контроля, обусловленных хирургическим интраоперационным повреждением сосудов, а также воспалительным процессом.

При сравнении показателей микроциркуляции верхней конечности со стороны операции между исследуемыми группами выявлены следующие закономерности (табл. 3).

После реабилитации и на последующих этапах исследования выявлено улучшение показателей микроциркуляторного русла во всех группах, что говорит о влиянии ОМТ на периферическую микроциркуляцию. Значимые различия тканевой перфузии зафиксированы между контрольной группой и 4-й и 5-й группами, а показатели изменчивости микроциркуляторного русла выше во всех группах по сравнению с контрольной, что, вероятно, связано с влиянием используемых физических факторов на регуляцию микрогемодинамики. Это подтверждается нормализацией индекса эффективности микроциркуляции и показателя шунтирования без достоверных различий между группами. Таким образом, ранняя медицинская реабилитация позволяет воздействовать на микроциркуляторное русло и статистически значимо улучшить данные показатели в ближайшие и отдаленные периоды.

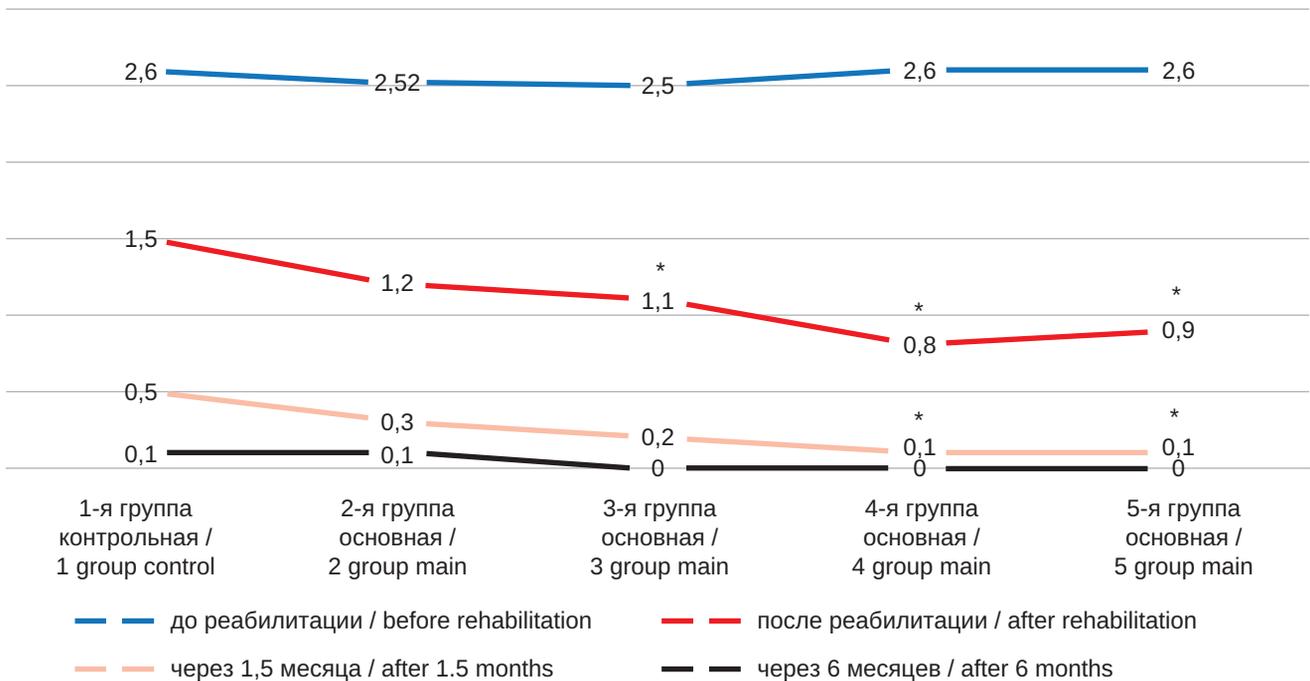


Рис. 2. Динамика изменений длины окружности между здоровой и верхней конечностью со стороны операции
Fig. 2. Dynamics of changes in the circumference between the healthy and upper limbs from the side affected by the surgical procedure

Примечание: * — достоверные различия ($p < 0,001$) между показателями в группе контроля и основными группами.
Note: * — significant differences ($p < 0.001$) between the indicators of the control group and the main groups.

Таблица 3. Динамика показателей микроциркуляции

Table 3. Dynamics of microcirculation parameters

Показатели микроциркуляции / Microcirculation parameters	Средняя тканевая перфузия, пф. ед. / Average tissue perfusion, pf. units	Среднее квадратичное отклонение, пф. ед. / Mean square deviation, pf. units	Коэффициент вариации, % / Variation coefficient, %	Индекс эффективности микроциркуляции, % / Microcirculation efficiency index, %	Показатель шунтирования, усл. ед. / Bypass index, conv. units
1-я группа (контрольная) / Group 1 (control) (n = 37)					
До реабилитации / Before rehabilitation	9,36 ± 3,82	0,78 ± 0,30	8,33 ± 2,5	0,33 ± 0,21	1,26 ± 0,20
После реабилитации / After rehabilitation	11,46 ± 2,32	0,90 ± 0,20	7,85 ± 2,7	0,45 ± 0,12	1,63 ± 0,10
Через 1,5 месяца / After 1,5 months	16,23 ± 1,31	1,28 ± 0,21	7,88 ± 1,6	0,95 ± 0,12	1,71 ± 0,11
Через 6 месяцев / After 6 months	19,55 ± 4,70	2,24 ± 0,40	11,46 ± 2,01	1,11 ± 0,25	1,82 ± 0,30
2-я группа (основная) / Group 2 (main) (n = 35)					
До реабилитации / Before rehabilitation	9,30 ± 3,83	0,77 ± 0,30	8,28 ± 2,7	0,31 ± 0,20	1,21 ± 0,20
После реабилитации / After rehabilitation	12,36 ± 1,82	1,28 ± 0,20*	10,36 ± 2,10*	0,40 ± 0,10	1,49 ± 0,16
Через 1,5 месяца / After 1,5 months	16,03 ± 2,14	1,76 ± 0,15*	9,76 ± 2,12*	0,97 ± 0,12	1,97 ± 0,13
Через 6 месяцев / After 6 months	19,55 ± 4,70	2,24 ± 0,40	11,46 ± 2,02	1,00 ± 0,25	1,96 ± 0,30
3-я группа (основная) / Group 3 (main) (n = 35)					
До реабилитации / Before rehabilitation	9,38 ± 3,87	0,81 ± 0,33	8,64 ± 2,5	0,34 ± 0,21	1,02 ± 0,20
После реабилитации / After rehabilitation	12,11 ± 2,09	1,20 ± 0,21*	9,91 ± 2,11*	0,45 ± 0,10	1,50 ± 0,11
Через 1,5 месяца / After 1,5 months	17,13 ± 2,34	1,85 ± 0,11**	10,80 ± 1,97*	0,81 ± 0,10	1,78 ± 0,0
Через 6 месяцев / After 6 months	19,75 ± 4,65	2,34 ± 0,406	11,85 ± 2,51	1,02 ± 0,25	1,80 ± 0,05
4-я группа (основная) / Group 4 (main) (n = 35)					
До реабилитации / Before rehabilitation	9,34 ± 4,10	0,81 ± 0,31	8,67 ± 2,0	0,33 ± 0,20	0,91 ± 0,32
После реабилитации / After rehabilitation	16,22 ± 3,22**	1,98 ± 0,22**	12,21 ± 1,5**	0,43 ± 0,12	1,93 ± 0,12
Через 1,5 месяца / After 1,5 months	17,22 ± 2,34*	1,88 ± 0,21**	10,92 ± 1,10*	0,96 ± 0,12	1,86 ± 0,11
Через 6 месяцев / After 6 months	19,39 ± 4,4	3,43 ± 0,49**	17,69 ± 2,20**	0,99 ± 0,27	1,70 ± 0,33
5-я группа (основная) / Group 5 (main) (n = 37)					
До реабилитации / Before rehabilitation	9,49 ± 3,88	0,82 ± 0,27	8,64 ± 2,11	0,34 ± 0,20	1,05 ± 0,21
После реабилитации / After rehabilitation	12,32 ± 2,11	1,23 ± 0,27*	9,98 ± 2,11*	0,54 ± 0,10	1,57 ± 0,10
Через 1,5 месяца / After 1,5 months	17,66 ± 2,12*	1,89 ± 0,19*	10,70 ± 2,10*	0,73 ± 0,04	1,83 ± 0,10
Через 6 месяцев / After 6 months	19,80 ± 4,65	2,28 ± 0,40	11,52 ± 2,55	1,03 ± 0,22	1,96 ± 0,07

Примечание: данные представлены в виде $M \pm t$. Различия статистически значимы по сравнению с группой контроля: * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$.

Note: Data are presented as $M \pm t$. The differences are statistically significant compared to the control group: * — $p < 0.05$, ** — $p < 0.01$.

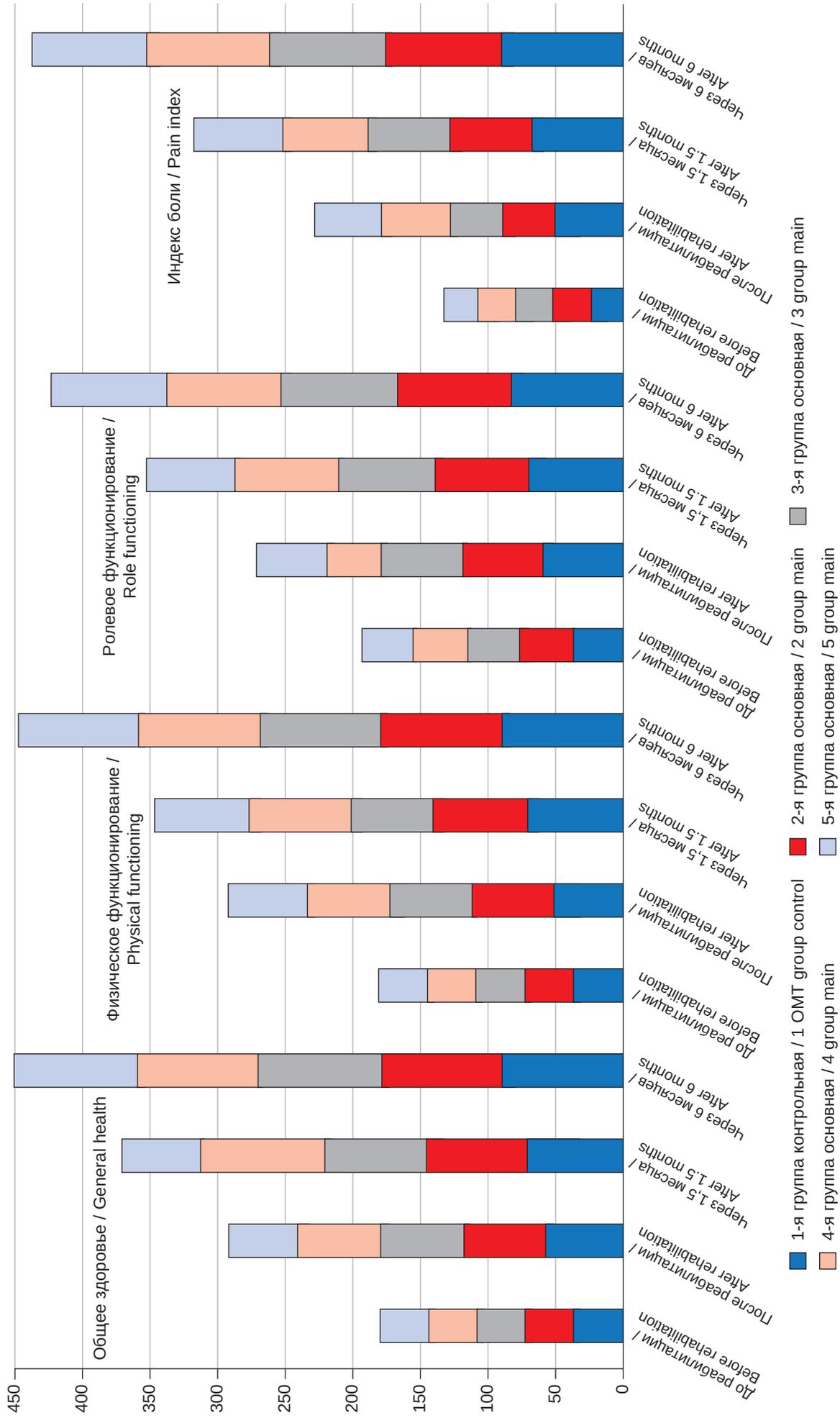


Рис. 3. Динамика SF-36, физический компонент здоровья
 Fig. 3. Dynamics by SF-36 scale, physical health component

Опросник SF-36 позволил определить степень независимости в повседневной жизни и оценить способность к самообслуживанию, мобильность, проанализировать физическое, психологическое, эмоциональное и социальное функционирование у пациенток в ранний послеоперационный период.

До начала медицинской реабилитации при анализе результатов первичного исследования параметров качества жизни по опроснику SF-36 во всех группах статистически значимых различий установлено не было. На всех этапах исследования выявлялось улучшение внутри каждой группы ($p < 0,0001$) всех показателей: общего состояния здоровья, физического функционирования, ролевого функционирования, обусловленного физическим состоянием, интенсивности боли (рис. 3).

Увеличение общего состояния здоровья до 61,2 балла и выше после реабилитации выявлены у пациенток, получавших ОМТ ($p < 0,001$) в комбинации с ППК, ФТ, НТАП или НЧЭП. Показатель общего состояния здоровья значимо не отличался от контрольной группы, через 1–1,5 месяца после операции и в отдаленный период достоверных различий общего состояния здоровья не было. При сравнении показателей физического функционирования выявлено преимущество комбинированных методик по сравнению с монофактором. Увеличение баллов показателя ролевого функционирования зафиксировано на всех этапах наблюдения ($p < 0,0001$) и значимо не имело различий между группами. Однако после реабилитации и через 1,5 месяца после операции показатели интенсивности боли были достоверно выше по сравнению с контрольной группой у пациенток, в комплексе реабилитации которых входили импульсные токи или НЧЭП.

При динамической оценке психологического компонента здоровья, к которому относятся жизнеспособность, социальное функционирование, ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием, психическое здоровье, на всех этапах исследования выявляли улучшение внутри каждой груп-

пы ($p < 0,0001$). Значимых различий между группами не зафиксировано. Также было отмечено улучшение показателей качества жизни, отвечающих за психологический компонент здоровья после курса медицинской реабилитации у всех пациенток, что свидетельствует о влиянии магнитного поля на снижение ситуативной и личностной тревоги, устранение астеновегетативных проявлений, улучшение сна, а также свидетельствует о пролонгации этих эффектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных клинко-функциональных данных показал, что в ранний послеоперационный период при РМЖ на фоне стандартной медикаментозной терапии и курса медицинской реабилитации сочетание ОМТ с переменной пневмокомпрессией снижает объем лимфоэри, а добавление НЧЭП уменьшает степень отека верхней конечности, выраженность болевого синдрома и нейропатические проявления. Включение в стандартную программу реабилитации дополнительно ФТ снижает болевой синдром и увеличивает амплитуду движения в плечевом суставе, а НТАП улучшает регенерацию послеоперационного шва и снижает отек и воспаление в области оперативного вмешательства [12, 13]. ОМТ влияет на микроциркуляторное русло, нормализуя индекс эффективности микроциркуляции, показатель шунтирования, тем самым снижая застойные явления на прооперированной стороне. Динамику улучшения качества жизни наблюдали во всех группах, значимые различия интенсивности боли после окончания реабилитации наблюдали у пациенток после комплексной реабилитации с включением ФТ и НЧЭП.

Для выбора адекватных методик воздействия физическими факторами соответственно клинко-функциональным изменениям в комплексной медицинской реабилитации был разработан следующий алгоритм (рис. 4).

Таким образом, комбинированное применение физических факторов на фоне стандартной медикамен-

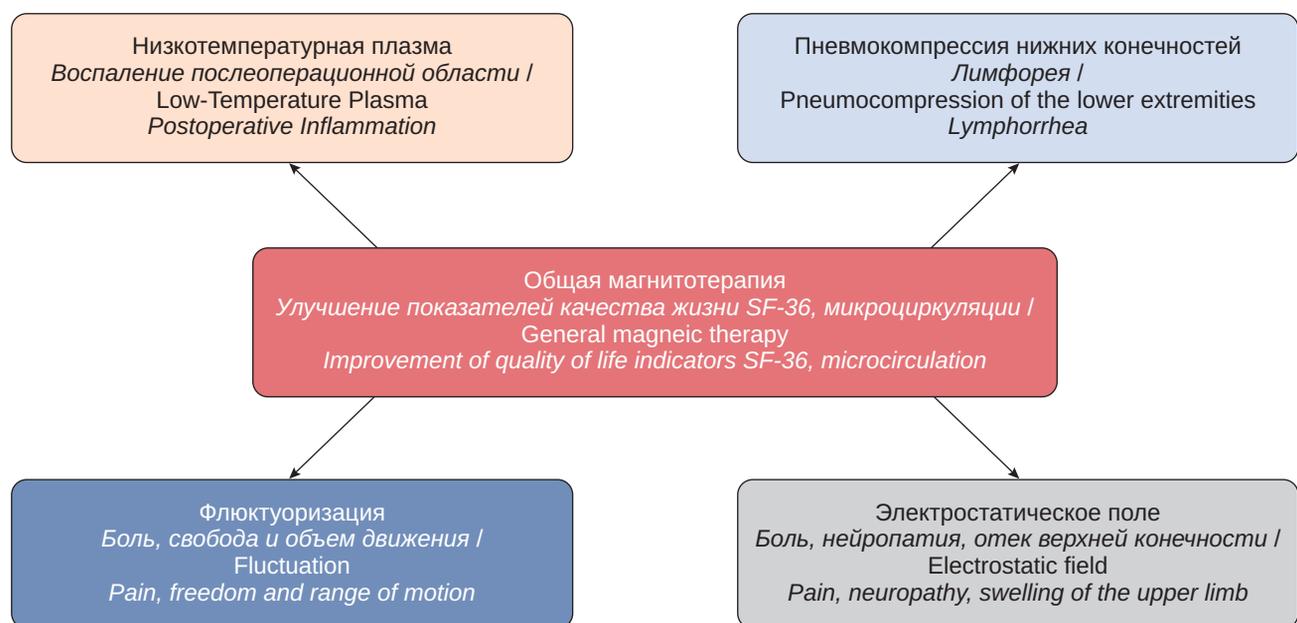


Рис. 4. Алгоритм выбора физического фактора в ранний послеоперационный период
Fig. 4. Algorithm for choosing a physical factor in the early postoperative period

тозной терапии и курса медицинской реабилитации достоверно улучшает результат и сроки восстановления после хирургического лечения РМЖ в ранний послеоперационный период. Комплексный подход

к медицинской реабилитации на первом этапе привел к сохранению результатов в отдаленном периоде через 1,5 и 6 месяцев после операции и не вызвал нежелательных явлений.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Евстигнеева Инна Сергеевна, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий отделением физиотерапии клиники им. профессора Ю.Н. Касаткина, доцент кафедры физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России.
E-mail: evstigneevais@mail.ru, evstigneevais@rmapo.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9128-0965>

Вклад автора. Автор подтверждает свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (автор внес единоличный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитал и одобрил окончательный вариант до публикации). Евстигнеева И.С. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи, обеспечение материалов для исследования, проведение исследования, анализ данных.

Источники финансирования. Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическое утверждение. Автор заявляет, 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 ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (протокол № 8 от 17.06.2021).

Информированное согласие. В исследовании не раскрываются сведения, позволяющих идентифицировать личность пациенток. От всех пациенток (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

Inna S. Evstigneeva, Ph.D. (Med.), Docent, Head of the Physiotherapy Department of Professor Y.N. Kasatkin Clinic, Associate Professor at the Department of Physical Therapy, Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.
E-mail: evstigneevais@mail.ru, evstigneevais@rmapo.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9128-0965>

Author Contribution. The author confirms his authorship according to the international ICMJE criteria (author contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Evstigneeva I.S. — writing — original draft, review and editing, resources, investigation, formal analysis.

Funding. The author declares no external funding in the conduct of the study.

Disclosure. The author declares no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Ethics Approval. The author 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 Declaration of Helsinki as revised in 2013. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Protocol No. 8 dated 17.06.2021.

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. Грушина Т.И., Сидоров Д.Б. Обоснованность междисциплинарного подхода к лечению постмастэктомической лимфедемы. Сибирский онкологический журнал. 2020; 19(1): 57–63. <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2020-19-1-57-63> [Grushina T.I., Sidorov D.B. Interdisciplinary approach to the treatment of postmastectomy lymphedema. Siberian Journal of Oncology. 2020; 19(1): 57–63. <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2020-19-1-57-63> (In Russ.)]
2. Salinas-Asensio M.M., Ríos-Arrabal S., Artacho-Cordón F., et al. Exploring the radiosensitizing potential of magnetotherapy: a pilot study in breast cancer cells. International Journal of Radiation Biology. 2019; 95(9): 1337–1345. <https://doi.org/10.1080/09553002.2019.1619951>
3. Ассоциация онкологов России. Клинические рекомендации «Рак молочной железы». 2021; 93 с. [Association of Oncologists of Russia. Clinical Guidelines “Breast Cancer”. 2021; 93 p. (In Russ.)]
4. Конева Е.С., Бобкова А.В., Шаповаленко Т.В. и др. Эффективность включения комплексных программ реабилитации в лечении химиоиндуцированной полинейропатии. Физиотерапевт. 2018; 2: 64–69 [Koneva E.S., Bobkova A.V., Shapovalenko T.V. et al. Effectiveness of inclusion of complex rehabilitation programs in the treatment of chemoinduced peripheral polyneuropathy. Physiotherapist. 2018; 2: 64–69 (In Russ.)]
5. Евстигнеева И.С., Герасименко М.Ю. Низкоинтенсивная низкочастотная магнитотерапия в ранний послеоперационный период у больных раком молочной железы. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2018; 17(5): 233–240. <https://doi.org/10.17816/1681-3456-2018-17-5-233-240> [Evstigneeva I.S., Gerasimenko M.Y. Low-intensity low-frequency magnetotherapy in the early postoperative period in patients with breast cancer. Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation. 2018; 5(17): 233–240. <https://doi.org/10.17816/1681-3456-2018-17-5-233-240> (In Russ.)]

6. Агранович Н.В., Сиволапова М.С., Койчуев А.А. и др. Изменение показателей иммунного статуса, клинических симптомов и качества жизни пациенток с постмастэктомическим синдромом в зависимости от применяемых комплексов реабилитации. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 2020; 97(6): 17–26. <https://doi.org/10.17116/kurort20209706117> [Agranovich N.V., Sivolapova M.S., Koychuev A.A. et al. Change of immune status parameters, clinical symptoms and health related quality of life patients with postmastectomy syndrome depending on the used rehabilitation complexes. Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy. 2020; 97(6): 17–26. <https://doi.org/10.17116/kurort20209706117> (In Russ.).]
7. Иванова Г.Е., Буйлова Т.В., Белова Л.А. и др. Оценка изменения качества жизни пациентов на основе использования Международной классификации функционирования на третьем этапе реабилитации: ретроспективное когортное исследование 40 пациенток с раком молочной железы. Вестник восстановительной медицины. 2022; 21(4): 126–147. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-126-147> [Ivanova G.E., Builova T.V., Belova L.A. et al. Quality of Life Changes Evaluation on the Basis of the International Classification of Functioning at the Third Stage of Rehabilitation: a Retrospective Cohort Study of 40 Women with Breast Cancer. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2022; 21 (4): 126–147. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-126-147> (In Russ.).]
8. Гамеева Е.В., Степанова А.М., Ткаченко Г.А. и др. Комплексная реабилитация онкологических больных. Современная онкология. 2022; 24(1): 89–96. <https://doi.org/10.26442/18151434.2022.1.201476> [Gameeva E.V., Stepanova A.M., Tkachenko G.A. et al. Comprehensive rehabilitation of cancer patients: A review. Journal of Modern Oncology. 2022; 24(1): 89–96. <https://doi.org/10.26442/18151434.2022.1.201476> (In Russ.).]
9. Kumar A., Langstraat C.L., DeJong S.R. et al. Functional not chronologic age: Frailty index predicts outcomes in advanced ovarian cancer. Gynecol Oncol. 2017; 147(1): 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2017.07.126>
10. Евстигнеева И.С., Герасименко М.Ю., Есимова И.Е. Применение физических факторов на I этапе медицинской реабилитации после радикального хирургического лечения рака молочной железы. Вестник восстановительной медицины. 2022; 21(2): 127–138. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-2-127-138> [Evstigneeva I.S., Gerasimenko M.Y., Esimova I.E. Application of Physical Factors at the First Stage of Medical Rehabilitation after Radical Surgical Treatment of Breast Cancer. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2022; 21(2): 127–138. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-2-127-138> (In Russ.).]
11. Rangel J, Tomás M.T., Fernandes B. Physical activity and physiotherapy: perception of women breast cancer survivors. Breast Cancer. 2019; 26(3):333–338. <https://doi.org/10.1007/s12282-018-0928-7>
12. Герасименко М.Ю., Евстигнеева И.С., Салчак Ч.Т. и др. Опыт применения низкотемпературной плазмы после хирургического лечения рака молочной железы. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2020; 3(19): 195–200. <https://doi.org/10.17816/1681-3456-2020-19-3-8> [Gerasimenko M.Y., Evstigneeva I.S., Salchak C.T. et al. Experience in using low-temperature plasma after surgical treatment of breast cancer. Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation. 2020; 3(19): 195–200. <https://doi.org/10.17816/1681-3456-2020-19-3-8> (In Russ.).]
13. Reitberger H.H., Czugala M., Chow C. et al. Argon Cold Plasma-A Novel Tool to Treat Therapy-resistant Corneal Infections. Am J Ophthalmol Case Rep. 2018; 190: 150–163. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2018.03.025>

Оригинальная статья / Original article

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-30-38>

Психоэмоциональное состояние детей с умственной отсталостью до и после выезда на отдых: результаты пилотного исследования

id Рябова М.А.* , **id** Луговая Е.А.

Научно-исследовательский центр «Арктика», Магадан, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Специфические климатогеографические условия северного региона могут негативно влиять на психоэмоциональное состояние детей и подростков с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Одним из распространенных заболеваний среди детей с ОВЗ является умственная отсталость (УО). Решение вопросов комплексной реабилитации детей с УО, проживающих в районах Крайнего Севера, повышение доступности санаторно-курортного лечения, содействие социализации и адаптации, улучшению качества их жизни является приоритетной задачей.

ЦЕЛЬ. Изучение эффективности летнего оздоровительного отдыха в курортной зоне Черноморского побережья на психоэмоциональное состояние детей с УО, постоянно проживающих в северном регионе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Обследованы 37 детей с ОВЗ на базе государственных образовательных учреждений для обучающихся по адаптированным программам г. Магадана, средний возраст составил $13,89 \pm 2,66$ лет. Основная часть обследуемых (94,6 %) имеет установленный диагноз умственной отсталости легкой (F70) и умеренной степени (F71). Исследование проводилось с помощью рисуночного теста «Дом-дерево-человек» (House-Tree-Person Test) и включало несколько этапов: 1-й этап исследования осуществлялся за 2 месяца до выезда, 2-й этап — спустя 2 недели после поездки, 3-й этап — спустя 2 месяца после выезда.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В ходе исследования обнаружено достоверное улучшение показателей психоэмоционального состояния обследуемых спустя 2 недели после выезда на летний отдых по следующим параметрам: снижение настроения ($p = 0,039$), тревожность ($p = 0,0001$), неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах ($p = 0,037$), страхи ($p = 0,0001$). Спустя 2 месяца после выезда улучшенный уровень показателей психоэмоционального состояния сохранялся, анализ показал достоверное уменьшение значений по параметрам «снижение настроения» ($p = 0,001$), «тревожность» ($p = 0,0001$), «неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах» ($p = 0,015$), «страхи» ($p = 0,006$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Анализ результатов, полученных в проведенном исследовании, продемонстрировал положительную динамику психоэмоционального состояния до и после выезда на летний оздоровительный отдых в курортной зоне Черноморского побережья у детей с УО, проживающих в Магаданской области: улучшились показатели по параметрам тревожности, коммуникативной активности, снизились уровни проявления страхов и депрессивных симптомов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: умственная отсталость, оздоровительный отдых, север, психоэмоциональное состояние, тревожность, депрессия, дети с ограниченными возможностями здоровья

Для цитирования / For citation: Рябова М.А., Луговая Е.А. Психоэмоциональное состояние детей с умственной отсталостью до и после выезда на отдых: результаты пилотного исследования. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):30–38. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-30-38> [Ryabova M.A., Lugovaya E.A. Psycho-emotional State of Mentally Retarded Children Before and After Going on Holiday: a Pilot Study Findings. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):30–38. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-30-38> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Рябова Мариям Амировна, E-mail: maryam.ryabova@inbox.ru, arktika.magadan@mail.ru

Статья получена: 10.06.2024
Статья принята к печати: 28.08.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

©2025, Рябова М.А., Луговая Е.А.

Maryam A. Ryabova, Elena A. Lugovaya

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

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

Psycho-emotional State of Mentally Retarded Children Before and After Going on Holiday: a Pilot Study Findings

 Maryam A. Ryabova*,  Elena A. Lugovaya

Scientific Research Center "Arktika", Magadan, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The specific climatic and geographical conditions of the northern region can negatively affect the psycho-emotional state of children and adolescents with disabilities. One of the most common diseases among children with disabilities is mental retardation (MR). Addressing the issues of comprehensive rehabilitation of children with disabilities living in the Far North, increasing the availability of health resort treatment, promoting socialization and adaptation, and improving the quality of their lives is a priority.

AIM. To study the effectiveness of summer recreation in the resort area of the Black Sea coast on the psycho-emotional state of mentally retarded children permanently residing in the northern region.

MATERIALS AND METHODS. The study included children with disabilities in public educational institutions with instruction under adapted programs in Magadan ($n = 37$ children, mean age 13.89 ± 2.66 years). The majority of the subjects (94.6 %) were diagnosed with mild (F70) and moderate (F71) mental retardation. The study was conducted using the House-Tree-Person test and included three stages: stage 1 took place 2 months before the wellness holiday; stages 2 and 3 were conducted 2 weeks and 2 months after the wellness holiday, respectively.

RESULTS AND DISCUSSION. The study found a reliable improvement in the indicators of the psycho-emotional state of the subjects 2 weeks after departure for summer holidays in the parameters: mood decline ($p = 0.039$); anxiety ($p = 0.0001$); unmet needs for social and emotional contacts ($p = 0.037$); fears ($p = 0.0001$). Two months after the summer holidays, the improved level of the psycho-emotional state indicators persisted, the analysis showed a reliable decrease in the values for the following parameters: mood decline ($p = 0.001$); anxiety ($p = 0.0001$); unmet needs for social and emotional contacts ($p = 0.015$); fears ($p = 0.006$).

CONCLUSION. The analysis of the findings obtained in the study demonstrated positive trends in the psycho-emotional state of children with mental retardation living in Magadan region before and after their departure for a summer wellness holiday in the resort area of the Black Sea coast. Notable improvements were observed in the parameters of anxiety, communicative activity, and the levels of manifestation of fears and depressive symptoms.

KEYWORDS: mental retardation, wellness holiday, the north, psycho-emotional state, anxiety, depression, children with disabilities

For citation: Ryabova M.A., Lugovaya E.A. Psycho-emotional State of Mentally Retarded Children Before and After Going on Holiday: a Pilot Study Findings. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):30–38. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-30-38> (In Russ.).

* **For correspondence:** Maryam A. Ryabova, E-mail: maryam.ryabova@inbox.ru, arktika.magadan@mail.ru

Received: 10.06.2024

Accepted: 28.08.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность вопросов сохранения психического здоровья и повышения качества жизни детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), проживающих в особых климатогеографических условиях северного региона, обуславливает необходимость изучения особенностей их психического и эмоционального состояния. Специфические климатогеографические условия северного региона могут негативно влиять на психологическое состояние детей и подростков.

В научных работах отмечается, что решение вопросов комплексной реабилитации детей с ОВЗ, повышение доступности санаторно-курортного лечения, содействие социализации и адаптации, улучшению качества их жизни является приоритетной задачей [1, 2]. Выезд на летний оздоровительный отдых может предоставлять возможности улучшения физического и психического здоровья детей [3, 4].

Согласно статистическому сборнику здравоохранения за 2019 г., численность детей от 0 до 14 лет с психическими расстройствами и расстройствами поведения, состоящими на учете в лечебно-профилактических организациях, в России составляет 715,4/100 000. При этом

численность пациентов в возрасте от 0 до 14 лет с умственной отсталостью (УО) равна 352,7/100 000, одним из распространенных заболеваний среди детей с ОВЗ является именно УО. Так, количество пациентов в возрасте от 0 до 14 лет с впервые установленным диагнозом УО составляет около 40 % от общего числа пациентов с психическими расстройствами и расстройствами поведения. Отмечается, что по мере взросления регистрируется рост численности больных УО. Согласно статистическим данным, численность пациентов с УО в возрасте от 15 до 17 лет в 2019 г. составила 893,1/100 000 [5].

По данным Всемирной организации здравоохранения, частота психических и поведенческих расстройств у детей с умственными отклонениями в 3–4 раза выше, чем в общей популяции [6].

В ряде научных работ показано, что низкий уровень интеллекта (IQ в диапазоне 50–70) взаимосвязан с шестикратным увеличением риска развития хронического депрессивного расстройства [7, 8]. Также приводятся данные о распространенности депрессии среди людей с легкой и умеренной УО от 2 % до 39 % [9]. Такие значительные различия в показателях объясняются особенностями

ностями методологии и разницей подходов к диагностике у данной категории пациентов.

Кроме того, существенное влияние на результаты диагностического процесса оказывает наличие выраженной недостаточности интеллекта, сопровождающегося нарушением речевых и социальных способностей. В плане диагностики эмоционального и психического состояния в форме стандартизированных самоотчетов люди с УО испытывают проблемы с вербализацией своих чувств, а также с пониманием вопросов и инструкций, поэтому использование опросников может быть затруднено.

В российских и зарубежных исследованиях отмечается, что диагностика психоэмоционального состояния у детей и подростков с УО может проводиться с использованием проективных рисуночных тестов [10, 11]. Так, в работах с использованием методик рисуночного теста было установлено, что у детей с УО регистрируются повышенные уровни тревожности, агрессии и напряжения, а также нарушения в коммуникации [12, 13]. Однако исследований по изучению проблем психического здоровья детей с УО недостаточно, в том числе по вопросам определения факторов, способствующих повышению качества жизни пациентов с УО в связи с особенностями их психоэмоционального состояния.

В настоящем исследовании проведен сравнительный анализ динамики психоэмоционального состояния до и после выезда на оздоровительный отдых в курортной зоне Черноморского побережья у детей с ОВЗ, проживающих в Магаданской области.

ЦЕЛЬ

Изучение эффективности летнего оздоровительного отдыха в курортной зоне Черноморского побережья на психоэмоциональное состояние детей с УО, постоянно проживающих в северном регионе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Исследование проводилось в 2022 г. Обследованы дети с ОВЗ на базе государственных образовательных учреждений для обучающихся по адаптированным программам г. Магадана: 37 человек, средний возраст составил $13,89 \pm 2,66$ лет. Оздоровительный отдых детей проходил в санатории в курортной зоне Черноморского побережья Республики Крым (г. Евпатория). Срок пребывания на отдыхе в летний период составил от 21 до 30 дней. Тестирование проводилось в несколько этапов: 1-й этап исследования осуществлялся за 2 месяца до выезда, 2-й этап — спустя 2 недели после поездки, 3-й этап — спустя 2 месяца после выезда. Из всех обследуемых, выезжавших на летний отдых за пределы северного региона, доля подростков мужского пола составила 40,5 % (15 человек), женского пола — 59,5 % (23 человека). Характеристики выборки представлены в таблице 1.

Критерии включения

К ним относятся наличие специфических расстройств умственного и психологического развития в анамнезе; установленный диагноз умственной отсталости легкой (F70) и умеренной степени (F71) или смешанные специфические расстройства психологического развития (F83); возраст обследуемых от 9 до 18 лет; постоянное проживание в Магаданской области; выезд

за пределы Магаданской области на отдых в курортную зону Черноморского побережья со сроком пребывания от 21 до 30 дней в летний период; подписанное информированное согласие законного представителя или опекуна на участие в исследовании.

К ним относятся наличие выраженных расстройств, патологических состояний и заболеваний, ограничивающих участие ребенка в исследовании; невозможность понимания устной речи; тяжелая УО (F72).

Диагноз по МКБ-10 / Diagnosis according to ICD-10	Всего (n = 38) / Total (n = 38)	Мальчики (n = 15) / Boys (n = 15)	Девочки (n = 23) / Girls (n = 23)
F70	21 (56,8 %)	10 (27 %)	11 (29,7 %)
F71	14 (37,8 %)	3 (8,1 %)	11 (29,7 %)
F83	2 (5,4 %)	2 (5,4 %)	0 (%)

Примечание: МКБ-10 — Международная классификация болезней 10-го пересмотра; F70 — УО легкой степени, F71 — УО умеренной степени, F83 — смешанные специфические расстройства психологического развития.

Note: ICD — International Classification of Diseases 10th Revision; F70 — mild mental retardation, F71 — moderate mental retardation, F83 — mixed specific developmental disorders.

Критерии исключения

К ним относятся отсутствие хотя бы на одном из этапов обследования; невыполнение рисуночного теста (отсутствие изображаемых компонентов теста: дома, дерева, фигуры человека); отзыв согласия на участие в исследовании.

Критерии исключения

К ним относятся отсутствие хотя бы на одном из этапов обследования; невыполнение рисуночного теста (отсутствие изображаемых компонентов теста: дома, дерева, фигуры человека); отзыв согласия на участие в исследовании.

Психологическое тестирование

Исследование проводилось с помощью рисуночного теста «Дом-дерево-человек» (House-Tree-Person Test), методика предложена Буком Д. и является одним из наиболее широко используемых тестов проективного рисования [14]. Применение рисуночного теста «Дом-дерево-человек» у подростков с ОВЗ обосновывается тем, что изображаемые предметы знакомы каждому обследуемому и наиболее удобны как объекты для рисования, обычно не вызывают трудностей при выполнении задания, в отличие от стандартизированных тестов и опросников [15].

Методика рисуночного теста является проективной и направлена на выявление особенностей психоэмоционального состояния, тревожности, проявлений депрессивной симптоматики, характеристик психомоторного статуса, астении, эмоциональной лабильности, степени удовлетворенности в социальных контактах. Исследование одобрено комиссией по биоэтике Института биологических проблем Севера Дальневосточного от-

деления Российской академии наук (протокол № 001/019 от 29.03.2019), проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2013) и в соответствии с Федеральными законами «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» № 323-ФЗ от 21.11.2011. и «О персональных данных» № 152-ФЗ от 27.07.2006. Участие в исследовании было добровольным, от родителей исследуемых получено письменное согласие.

Проведен анализ 114 рисунков. Для тестирования каждому ребенку были предложены белый лист бумаги формата А4, цветные и простой карандаши. Испытуемым предлагалось нарисовать дом, дерево и человека. На все уточняющие вопросы испытуемого следовала инструкция, что он может рисовать так, как ему хочется. Промежуток между повторными тестирования составил от 2 до 4 месяцев.

На основе теоретического анализа проблемы были выбраны следующие критерии для анализа рисуночного материала: снижение настроения, астения, тревожность, неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах, страхи.

Опираясь на принципы интерпретации рисунка «Дом-дерево-человек», были отобраны графические признаки, соответствующие критериям эмоционального состояния.

Критерии эмоционального состояния

Снижение настроения. К данному критерию относятся следующие графические признаки: грустное, печальное выражение лица; маленький размер фигур (занимает меньше трети листа); рисунок расположен в нижней части листа либо смещен в угол листа; схематичное изображение человека; дерево без листьев, сломанное, засохшее; ветви опущены вниз; обедненная цветовая гамма (использование простого карандаша и/или одного-двух цветов); преобладание темных тонов (особенно сочетание черного с коричневым и/или синим).

Интерпретация указанных признаков: пониженный фон настроения; депрессивное состояние; подавленное состояние; низкая самооценка; отрицательное отношение.

Астения. Данному критерию соответствуют следующие графические признаки: слабый нажим на карандаш, глаза отсутствуют или почти невидны; глаза пустые без зрачков; рот отсутствует, резко уменьшен; малое количество деталей.

Интерпретация: астения, нервно-психическая слабость, повышенная утомляемость, аутизация, негативизм, эмоциональная нестабильность.

Тревожность. Данному критерию соответствуют следующие графические признаки: штриховка; размашистая штриховка (выходит за контур рисунка); тщательная штриховка с сильным нажимом; сильный нажим; множественные линии; эскизные линии; увеличенный размер фигуры (больше 2/3 листа); тщательная прорисовка, множество однотипных деталей; фигура заштрихована целиком.

Интерпретация: тревожность как личностная черта, состояние острой тревоги, эмоциональное напряжение, импульсивность, ситуативная тревога, потребность контролировать тревогу, стресс.

Неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах. Данному критерию со-

ответствуют следующие графические признаки: отсутствие рук (не нарисованы совсем или почти не видны); отсутствует изображение кистей и пальцев или они существенно укорочены; изображение рук преувеличено; руки/ладони зачеркнуты; отсутствуют или резко преуменьшены ступни; подчеркнуты или преувеличены ступни; отсутствуют окна или окна и двери очень маленькие.

Интерпретация: ощущение нарушения контакта, нехватка общения; ощущение недостатка общения; неудовлетворенная потребность в близком эмоциональном контакте; ощущение напряжения при контакте, конфликты; пассивность или неумелость в социальных отношениях; потребность в опоре; замкнутость, интровертность, уход от общения, иногда аутизация.

Страхи. Данному критерию соответствуют следующие графические признаки: глаза зачеркнуты или с зачеркнутой радужкой; решетки на окнах, утрированные оконные рамы, забор; подчеркнутые стены (с нажимом); подчеркнутая крыша.

Интерпретация: страхи; боязнь агрессии; ощущение несвободы, зависимости; потребность в защите; ощущение ненадежности своего положения в жизни.

Учитывая особенности интерпретации рисуночных тестов, был проведен анализ каждого рисунка с точки зрения наличия или отсутствия тех или иных графических признаков. На основании оценки подсчитан средний балл признаков, соответствующих выделенным критериям, далее произведено сопоставление полученных баллов по каждому из этапов исследования.

Статистический анализ

Для статистической обработки данных использовались пакеты прикладных программ Microsoft Office Excel 2016, IBM SPSS Statistics 26. Оценка количественных показателей на предмет соответствия нормальному распределению производилась с помощью критерия Шапиро — Уилка. Статистическая обработка данных выполнялась с использованием методов описательной статистики (оценка значимости различий), для оценки статистической значимости выраженности сдвига до и после выезда у исследуемой группы использовался непараметрический *T*-критерий Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования обнаружено достоверное снижение показателей психоэмоционального состояния обследуемых с ОВЗ спустя 2 недели после выезда на летний отдых по следующим параметрам: снижение настроения ($p = 0,039$), тревожность ($p = 0,0001$), неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах ($p = 0,037$), страхи ($p = 0,0001$) (табл. 2). При этом низкий уровень показателей психоэмоционального состояния сохранялся и спустя 2 месяца после выезда. Анализ показал достоверное снижение значений по таким параметрам, как снижение настроения ($p = 0,001$), тревожность ($p = 0,0001$), неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах ($p = 0,015$), страхи ($p = 0,006$). Динамика показателей по параметру «астения» спустя 2 недели ($p = 0,752$) и спустя 2 месяца ($p = 0,543$) оказалась недостоверной. Результаты корреляционного анализа с использованием непараметрического теста Спирмена выявили прямые корреляционные взаимосвязи между показателем «неудовлетворенная

Таблица 2. Сравнительный анализ показателей психоэмоционального состояния детей с ограниченными возможностями здоровья до и после выезда на летний отдых за пределы Магаданской области

Table 2. Comparative analysis of psycho-emotional state in children with disabilities before and after going on a summer vacation outside Magadan Region

Показатель / Indicator		Спустя 2 недели / Two weeks later, M ± SD	Спустя 2 месяца / Two months later, M ± SD
Снижение настроения / Mood decline	До / Before	2,93 ± 1,62	2,93 ± 1,62
	После / After	2,22 ± 1,43	1,91 ± 1,57
	<i>p</i>	0,009	0,001
Астения / Asthenia	До / Before	1,29 ± 0,96	1,29 ± 0,96
	После / After	1,24 ± 0,79	1,27 ± 1,21
	<i>p</i>	0,752	0,543
Тревожность / Anxiety	До / Before	3,39 ± 1,53	3,39 ± 1,53
	После / After	2,32 ± 1,14	2,21 ± 1,36
	<i>p</i>	0,0001	0,0001
Неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах / Unmet needs for social and emotional contacts	До / Before	1,93 ± 1,11	1,93 ± 1,11
	После / After	1,49 ± 1,06	1,52 ± 1,15
	<i>p</i>	0,037	0,015
Страхи / Fears	До / Before	0,93 ± 0,80	0,93 ± 0,80
	После / After	0,27 ± 0,52	0,52 ± 0,67
	<i>p</i>	0,0001	0,006

Примечание: *p* — значимость при сопоставлении показателей до и после выезда; *M* — среднее значение, *SD* — стандартное отклонение.

Note: *p* — significance when comparing the variables before and after the holiday; *M* — mean, *SD* — standard deviation.

потребность в социальных и эмоциональных контактах» и параметрами «астения» ($p = 0,003$) и «снижение настроения» (проявлений симптомов депрессии) ($p = 0,001$). Сравнительный анализ данных психоэмоционального состояния детей с ОВЗ до и после выезда в зависимости от пола не выявил значимых различий.

У обследуемых с диагнозом УО легкой степени (F70) после выезда на летний отдых спустя 2 недели и спустя 2 месяца улучшились показатели по всем параметрам, кроме астении ($p = 0,876$), что согласуется с данными общей выборки (табл. 3). Следует отметить, что по параметру «снижение настроения» в первый период спустя 2 недели после выезда наблюдалась тенденция к снижению значений, но достоверных различий обнаружено не было ($p = 0,06$), улучшение показателей по указанному критерию зафиксировано спустя 2 месяца ($p = 0,041$).

По сравнению с группой, имеющей легкую степень УО, у обследуемых с диагнозом умственной отсталости умеренной степени (F71) выявлено меньшее количество параметров, по которым улучшились показатели. Достоверных изменений не обнаружено по параметрам «неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах» ($p = 0,015$) и «снижение настроения» ($p = 0,088$) (табл. 4). Вместе с тем после выезда на летний отдых у данной группы обследуемых спустя 2 недели и спустя 2 месяца улучшились показатели по уровню тревожности и фобий, страхов. По параметру «снижение настроения» обнаружены достоверные изменения спустя 2 месяца ($p = 0,01$).

Таким образом, сопоставление данных, полученных в проведенном исследовании, показало положительную динамику психоэмоционального состояния до и после выезда на летний оздоровительный отдых в ку-

рортной зоне Черноморского побережья у детей с УО, проживающих в Магаданской области: улучшились показатели по параметрам тревожности, коммуникативной активности, снизились уровни проявления страхов и депрессивных симптомов, эти показатели сохранились и спустя 2 месяца после поездки. Полученные данные согласуются с результатами других исследований. В работе Murphy N. et al. выявлено, что активный отдых и участие в спортивных и развлекательных мероприятиях улучшают общее благополучие детей с ограниченными возможностями [16]. Кроме того, в систематическом обзоре Borland R.L. et al. показано, что физическая активность имеет положительную связь с улучшением поведения, эмоциональными проблемами, психическим здоровьем и психологическим благополучием у детей с УО [17].

В нашем исследовании, по данным информантов (сопровождающих педагогов), обследуемая группа детей с УО на летнем отдыхе принимала участие в развлекательных мероприятиях, физическая активность включала прогулки, плавание, различные спортивные игры.

Результаты по сравнительному анализу показателей психоэмоционального состояния в зависимости от пола согласуются с данными, полученными в исследовании Scheirs J. et al., где не было обнаружено значимых различий в симптомах депрессии между мужчинами и женщинами с УО [18]. При анализе психоэмоционального состояния обследуемых с УО до выезда самые высокие баллы относились к параметрам «тревожность» ($3,39 \pm 1,53$) и «снижение настроения» (депрессия, субдепрессия) ($3,14 \pm 1,92$), что согласуется с результатами Scheirs J. et al. о высоких показателях распространенности депрессивного расстройства у людей с УО [18] и данными, полученными в работе Овчинникова А.А.

Таблица 3. Динамика показателей психоэмоционального состояния детей с диагнозом умственной отсталости легкой степени (F70) до и после выезда

Table 3. Dynamics of psycho-emotional state in children diagnosed with mild mental retardation (F70) before and after the vacation

Показатель / Indicator		Спустя 2 недели / Two weeks later, M ± SD	Спустя 2 месяца / Two months later, M ± SD
Снижение настроения / Mood decline	До / Before	3,38 ± 1,50	3,38 ± 1,50
	После / After	2,62 ± 1,50	2,33 ± 1,64
	<i>p</i>	0,06	0,041
Астения / Asthenia	До / Before	1,43 ± 1,08	1,43 ± 1,08
	После / After	1,41 ± 0,75	1,39 ± 1,20
	<i>p</i>	1,00	0,876
Тревожность / Anxiety	До / Before	3,90 ± 1,89	3,90 ± 1,89
	После / After	2,76 ± 1,26	1,89 ± 1,49
	<i>p</i>	0,008	0,001
Неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах / Unmet needs for social and emotional contacts	До / Before	2,43 ± 0,93	2,43 ± 0,93
	После / After	1,67 ± 0,91	1,72 ± 1,02
	<i>p</i>	0,021	0,009
Страхи / Fears	До / Before	1,10 ± 0,77	1,10 ± 0,77
	После / After	0,29 ± 0,56	0,56 ± 0,51
	<i>p</i>	0,001	0,019

Примечание: *p* — значимость при сопоставлении показателей до и после выезда; *M* — среднее значение, *SD* — стандартное отклонение.

Note: *p* — significance when comparing the variables before and after the holiday; *M* — mean, *SD* — standard deviation.

Таблица 4. Динамика показателей психоэмоционального состояния детей с диагнозом умственной отсталости умеренной степени (F71) до и после выезда

Table 4. Dynamics of indicators of psycho-emotional state of children diagnosed with moderate mental retardation (F71) before and after the vacation

Показатель / Indicator		Спустя 2 недели / Two weeks later, M ± SD	Спустя 2 месяца / Two months later, M ± SD
Снижение настроения/ Mood decline	До / Before	3,14 ± 1,92	3,17 ± 0,25
	После / After	2,29 ± 1,44	1,36 ± 1,39
	<i>p</i>	0,088	0,01
Астения / Asthenia	До / Before	1,50 ± 0,76	1,50 ± 0,76
	После / After	1,36 ± 0,93	1,21 ± 1,25
	<i>p</i>	0,608	0,272
Тревожность / Anxiety	До / Before	3,64 ± 0,93	3,64 ± 0,93
	После / After	2,43 ± 0,94	2,64 ± 1,15
	<i>p</i>	0,003	0,024
Неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах / Unmet needs for social and emotional contacts	До / Before	1,79 ± 1,19	1,79 ± 1,19
	После / After	1,71 ± 1,27	1,29 ± 1,33
	<i>p</i>	0,957	0,298
Страхи / Fears	До / Before	0,93 ± 0,83	0,93 ± 0,83
	После / After	0,36 ± 0,50	0,50 ± 0,85
	<i>p</i>	0,021	0,193

Примечание: *p* — значимость при сопоставлении показателей до и после выезда; *M* — среднее значение, *SD* — стандартное отклонение.

Note: *p* — significance when comparing the variables before and after the holiday; *M* — mean, *SD* — standard deviation.

и соавт., с использованием методики рисуночного теста, где было установлено, что у детей с УО регистрируются повышенные уровни тревожности и напряжения [19]. В этой связи мы можем предполагать, что у людей с УО кроме депрессивного расстройства могут быть рас-

пространены симптомы повышенной тревожности и тревожного расстройства. Однако данных по исследованию тревожности среди лиц с УО крайне мало как в отечественной, так и в зарубежной научной литературе по причине сложностей, связанных с особенностями

ми диагностического процесса у указанной категории пациентов.

С учетом полученных результатов предполагается, что использование рисуночного теста у людей с УО будет направлено на измерение и диагностику внутреннего психического и эмоционального состояния, в первую очередь проявлений симптомов депрессии (сниженного настроения) и тревожности (страхов). Результаты настоящего исследования актуализируют проблему создания единого инструмента и процедуры тестирования для диагностики сопутствующих психических расстройств у людей с УО.

В исследованиях Ефремовой Т.Е. и соавт. показано, что у детей с нарушениями в психическом развитии, имеющих дефицит взаимодействия с окружающей средой и людьми, сенсорные, двигательные и когнитивные функции развиваются недостаточно [20]. Социальная изоляция и сенсорная депривация ограничивают возможности к обработке новой сенсорной информации, развитию двигательной активности и когнитивных навыков.

С точки зрения исследования механизма улучшения психоэмоционального состояния детей с УО до и после выезда на летний оздоровительный отдых следует указать, что в работе Заширинской О.А. было установлено следующее: у детей с УО повышение уровня произвольного поведения связано с изменением социальной ситуации развития, с новой ситуацией обучения за счет большего использования когнитивных и эмоциональных ресурсов, ребенок делает больше попыток регулировать свое психическое состояние и старается применять имеющиеся навыки коммуникации. В дальнейшем при снижении ориентации на новую ситуацию школьного обучения, при уменьшении новизны обучения происходит значительное ухудшение саморегуляции [21].

Исходя из этого, мы можем предположить, что выезд на летний отдых за пределы Магаданской области влияет на улучшение показателей психоэмоционального состояния подростков с УО в связи с изменением социальной ситуации обучения. Стимуляция познавательной и коммуникативной активности ребенка происходит за счет новой среды уникального климата побережья Крыма, обогащенной мультисенсорными раздражителями (больше инсоляции, пребывание на морском воздухе, морские купания, новая окружающая среда и др.), тем самым обеспечивает повышение уровня адаптивных форм поведения и социального контроля.

В работе Hartley S.L. et al. было выявлено, что люди с легкой степенью УО, у которых была диагностирована депрессия, испытывают больший стресс, связанный с социальным взаимодействием, и используют неадаптивные стратегии преодоления этих взаимодействий, чем люди с легкой степенью УО без депрессии [22]. Это согласуется с данными, полученными в нашем исследовании. Результаты корреляционного анализа с использованием непараметрического теста Спирмена выявили прямые корреляционные взаимосвязи между показателем «неудовлетворенная потребность в социальных и эмоциональных контактах» и параметрами «астения» ($p = 0,003$) и «снижение настроения» (проявление симптомов депрессии) ($p = 0,001$). Полученные результаты имеют значение для проблемы развития навыков межличностного общения у детей с УО [22].

В работе Siperstein G. et al. показано, что в рамках реализации инклюзивной летней программы дети с умственными нарушениями и без них одинаково принимаются сверстниками, следовательно, социальная адаптация детей с УО происходит за счет социального признания и вовлечения во взаимодействие со здоровыми детьми. В этом плане имеет значение подготовка реабилитационных программ для детей с УО, способствующих социальной инклюзивности [23]. Во время летнего отдыха у группы обследуемых происходило увеличение коммуникационных контактов с детьми без УО, по сообщениям информантов (сопровождающих педагогов), сверстники их принимали и активно с ними общались.

Ограничения и перспективы исследования

К ограничениям настоящего исследования можно отнести использование одной методики проективного рисуночного теста. Однако, учитывая особенности и трудности диагностического процесса у данной категории пациентов (трудности вербализации своего состояния и понимание вопросов и инструкций стандартизированных тестов), результаты проективных тестов могут давать уникальную информацию о внутреннем психическом состоянии самих обследуемых в дополнение к комбинации методик в рамках комплексной диагностики.

Планирование дальнейших этапов исследования связано с проведением сравнительных исследований с включением контрольной группы участников с наличием специфических расстройств умственного и психологического развития в анамнезе, не выезжавших на оздоровительный отдых за пределы северного региона, с использованием адаптированных вариантов методик для пациентов с УО, основанных на выявлении изменений не только в психоэмоциональном состоянии, но и в поведении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ результатов, полученных в проведенном исследовании, продемонстрировал положительную динамику психоэмоционального состояния до и после выезда на летний оздоровительный отдых в курортной зоне Черноморского побережья у детей с УО, проживающих в Магаданской области: улучшились показатели по параметрам тревожности, коммуникативной активности; снизились уровни проявления страхов и депрессивных симптомов. Спустя 2 месяца после выезда улучшенный уровень показателей психоэмоционального состояния сохранялся.

Результаты, полученные в исследовании, имеют значение для расширения данных об особенностях внутреннего психического и эмоционального состояния людей с УО и указывают на важность организации реабилитационных мероприятий, направленных на повышение качества жизни пациентов с УО, повышение адаптационных возможностей, укрепление психического здоровья и содействие дальнейшей социализации детей с УО. Кроме того, представляется перспективной разработка и адаптация методов психодиагностики сопутствующих психических расстройств у лиц с УО, использование которых повысит качество оказания помощи в рамках реабилитационных программ.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Рябова Марьям Амировна, кандидат психологических наук, научный сотрудник группы психофизиологии, Научно-исследовательский центр «Арктика».

E-mail: maryam.ryabova@inbox.ru, arktika.magadan@mail.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7912-1291>

Луговая Елена Александровна, кандидат биологических наук, доцент, директор, Научно-исследовательский центр «Арктика».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6583-4175>

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: Рябова М.А. — проведение исследования и анализ данных, написание текста статьи, проверка и редактирование текста статьи; Луговая Е.А. — разработка концепции статьи, проверка и редактирование текста статьи, обоснование научной значимости.

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 комиссией по биоэтике Института биологических проблем Севера ДВО РАН (протокол № 001/019 от 29.03.2019), исследование проведено в соответствии с Федеральными законами № 323-ФЗ от 21.11.2011 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» и № 152-ФЗ от 27.07.2006 «О персональных данных». Участие в исследовании было добровольным.

Информированное согласие. В исследовании не раскрывается сведений, позволяющих идентифицировать личность пациентов. От всех пациентов (законных представителей) получено информированное 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

Maryam A. Ryabova, Ph.D. (Psych.), Researcher at the Group of Psychophysiology, Scientific Research Center "Arktika".

E-mail: maryam.ryabova@inbox.ru, arktika.magadan@mail.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7912-1291>

Elena A. Lugovaya, Ph.D. (Psych.), Associate Professor, Director, Scientific Research Center "Arktika".

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6583-4175>

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: Ryabova M.A. — conducting research and data analysis, writing the manuscript, checking and editing the draft; Lugovaya E.A. — research concept, checking out and editing the body of the paper, scientific relevance support.

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 Bioethics Commission of the Institute of Biological Problems of the North FEB RAS (Protocol No. 001/019 dated 29.03.2019) and conducted in accordance with the principles of Federal Law No. 323-FZ "On the Fundamentals of Health Protection of Citizens in the Russian Federation" of 21.11.2011, Federal Law No. 152-FZ "On Personal Data" of 27.07.2006. Participation in the study was voluntary.

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patients. Written consent was obtained from all the 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. Хан М.А., Погонченкова И.В. Современные проблемы и перспективные направления развития детской курортологии и санаторно-курортного лечения. Вестник восстановительной медицины. 2018; 3(85): 2–7. [Khan M.A., Pogonchenkova I.V. Current problems and perspective directions of development of children's balneology and health resort treatment. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2018; 3(85): 2–7 (In Russ..)]
2. Хан М.А., Погонченкова И.В., Петрова М.С. Детская курортология и физиотерапия: вчера, сегодня, завтра: обзор. Вестник восстановительной медицины. 2022; 21(4): 10–16. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-10-16>. [Khan M.A., Pogonchenkova I.V., Petrova M.S. Children's Balneotherapy and Physiotherapy: Yesterday, Today, Tomorrow: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2022; 21 (4): 10–16. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-10-16> (In Russ..)]
3. Пестерева Н.М., Хечумян А.Ф., Удовенко И.Л. и др. Климатотерапия на курортах Черноморского побережья Кавказа: современное состояние и перспективы развития. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016; 93(3): 56–61. <https://doi.org/10.17116/kurort2016356-61> [Pestereva N.M., Khechumyan A.F., Udovenko I.L. et al. The application of climatic therapy in the health resorts of the Black Sea coast of the Caucasus: the current state-of-the-art and the prospects for the further development. Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy. 2016; 93(3): 56–61. <https://doi.org/10.17116/kurort2016356-61> (In Russ..)]

4. Шмонин А.А., Мальцева М.Н., Мельникова Е.В. и др. Базовые принципы медицинской реабилитации, реабилитационный диагноз в категориях МКФ и реабилитационный план. Вестник восстановительной медицины. 2017; 16(2): 16–22. [Shmonin A.A., Maltseva M.N., Melnikova E.V. et al. Basic principles of medical rehabilitation, rehabilitation diagnosis in the ICF categories and rehabilitation plan. Journal of Restorative Medicine and Rehabilitation. 2017; 16(2): 16–22 (In Russ.).]
5. Федеральная служба государственной статистики (РОССТАТ). Здравоохранение в России 2021. Статистический сборник. Доступно на: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zdravoohran-2021.pdf> (Дата обращения: 15.04.2024). [Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (ROSSTAT). Zdravoohranenie v Rossii 2021. Statisticheskij sbornik. Available at: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zdravoohran-2021.pdf> (Accessed: 15.04.2024) (In Russ.).]
6. World Health Organization. The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: clinical descriptions and diagnostic guidelines. Jan. 1, 1992. Available at <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9241544228> (Accessed: 15.04.2024).
7. Collishaw S., Maughan B., Pickles A. Affective problems in adults with mild learning disabilities: The roles of social disadvantage and ill health. *British Journal of Psychiatry*. 2004; 85(4): 350–351. <https://doi.org/10.1192/bjp.185.4.350>
8. Richards M., Maughan B., Hardy R. et al. Long-term affective disorder in people with mild learning disability. *British Journal of Psychiatry*. 2001; 179(6): 523–527. <https://doi.org/10.1192/bjp.179.6.523>
9. McGillivray J., McCabe M.P. Early detection of depression and associated risk factors in adults with mild/moderate intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities*. 2007; 28(1): 59–70. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2005.11.001>
10. Li C.Y., Chung L., Hsiung P.C. et al. A Psychometric study of the Kinetic-House-Tree-Person scoring system for people with psychiatric disorders in Taiwan. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy*. 2014; 24(1): 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.hkjot.2014.03.001>
11. Венгер А.Л. Психологические рисуночные тесты. Москва. 2006; 159 с. [Venger A.L. Psychological Drawing Tests. Moscow. 2006; 159 p. (In Russ.).]
12. Papangelo P., Pinzino M., Pelagatti S. et al. Human figure drawings in children with autism spectrum disorders: A possible window on the inner or the outer world. *Brain sciences*. 2020; 10(6): 398. <https://doi.org/10.3390/brainsci10060398>
13. Woolford J., Patterson T., MacLeod E. et al. Drawing helps children to talk about their presenting problems during a mental health assessment. *Clinical Child Psychology and Psychiatry*. 2015; (20): 68–83. <https://doi.org/10.1177/1359104513496261>
14. Abell S.C., Heiberger A.M., Johnson, J.E. Cognitive evaluations of young adults by means of human figure drawings: an empirical investigation of two methods. *Journal of clinical psychology*. 1994; 50(6): 900–905. [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(199411\)50:6%3C900::aid-jclp2270500614%3E3.0.co;2-3](https://doi.org/10.1002/1097-4679(199411)50:6%3C900::aid-jclp2270500614%3E3.0.co;2-3)
15. Handler L. The Clinical Use of Figure Drawings. In: C.S. Newmark, Ed. *Major Psychological Assessment Instruments*. 2nd Ed. Simon & Schuster. Needham Heights. 1996; 206–299.
16. Murphy N., Carbone P. Promoting the participation of children with disabilities in sports, recreation and physical activities. *Pediatrics*. 2008; (121): 1057–1061. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-0566>
17. Borland R.L., Cameron L.A., Tonge B.J. et al. Effects of physical activity on behaviour and emotional problems, mental health and psychosocial well-being in children and adolescents with intellectual disability: A systematic review. *Journal of applied research in intellectual disabilities: JARID*. 2022; 35(2): 399–420. <https://doi.org/10.1111/jar.12961>
18. Scheirs J., Muller A., Manders N. et al. The Prevalence and Diagnosis of Depression in People with Mild or Borderline Intellectual Disability: Multiple Instrument Testing Tells Us More. *Journal of Mental Health Research in Intellectual Disabilities*. 2023; 16(1): 54–66. <https://doi.org/10.1080/19315864.2022.2029642>
19. Овчинников А.А., Султанова А.Н., Сычева Т.Ю. и др. Особенности эмоционально-личностной сферы у детей с умственной отсталостью. Обзорение психиатрии и медицинской психологии имени В.М. Бехтерева. 2019; (2): 55–60. <https://doi.org/10.31363/2313-7053-2019-2-55-60> [Ovchinnikov A.A., Sultanova A.N., Sycheva T.Yu. et al. Features of the emotional-personal sphere in children with mental retardment. *Bekhterev Review of Psychiatry and Medical Psychology*. 2019; (2): 55–60. <https://doi.org/10.31363/2313-7053-2019-2-55-60> (In Russ.).]
20. Ефремова Т.Е., Сафонова И.А., Лобанова А.М. Роль сенсорной интеграции в реабилитации детей с речевыми и психическими нарушениями в практике отделения медицинской реабилитации ГБУ РО «ОДКБ». Детская и подростковая реабилитация. 2020; 2(42): 42–49. [Efremova T.E., Safonova I.A., Lobanova A.M. The role of sensory integration in the rehabilitation of children with speech and mental disorders in the practice of the medical rehabilitation department of the State Budgetary Institution RO "CSTO". *Children's and adolescent rehabilitation*. 2020; 2(42): 42–49 (In Russ.).]
21. Защирина О.В. Возрастные особенности общения детей и подростков с умственной отсталостью. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия. Психология. Педагогика. 2012; 16(4): 39–44. [Zashirinskaya O.V. Age-related features of communication in children and adolescents with mental retardation. *Bulletin of St. Petersburg University. Series. Psychology. Pedagogy*. 2012; 16(4): 39–44 (In Russ.).]
22. Hartley S.L., Maclean W.E. Depression in adults with mild intellectual disability: role of stress, attributions, and coping. *American journal on intellectual and developmental disabilities*. 2009; 114(3): 147–160. <https://doi.org/10.1352/1944-7588-114.3.147>
23. Siperstein G., Glick G., Parker R. Social inclusion of children with intellectual disabilities in a recreational setting. *Intellectual and developmental disabilities*. 2009; 47(2): 97–107. <https://doi.org/10.1352/1934-9556-47.2.97>

Влияние миофасциального релиза на показатели variability сердечного ритма у лиц с вегетативной дисфункцией: рандомизированное контролируемое исследование

 Казанцева Т.В.^{1,*},  Коломиец О.И.²

¹ Образовательный центр «Олимпия Лайф», Челябинск, Россия

² Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Вегетативная дисфункция (ВД) характеризуется изменениями в афферентных или эфферентных компонентах симпатического и парасимпатического нейронного контроля, которые связаны с патологическими состояниями. Известно, что variability сердечного ритма (ВСР) как один из ключевых показателей вегетативной регуляции связана с многими хроническими заболеваниями и смертностью. Таким образом, вмешательства, направленные на улучшение вегетативной регуляции, повышение ВСР являются важными для общественного здравоохранения. Миофасциальный релиз (МФР) — форма самомассажа, направленная на снятие напряжения, уменьшение боли, увеличение диапазона движений, может положительно сказаться на вегетативной регуляции.

ЦЕЛЬ. Оценить влияние комплекса физической реабилитации с применением МФР на показатели ВСР у лиц с ВД на основе Firstbeat-мониторинга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Для данного рандомизированного контролируемого исследования было отобрано 128 человек с ВД с доминирующим влиянием симпатического отдела вегетативной нервной системы, которые были случайным образом разделены на две группы: МФР ($n = 64$) и контроль ($n = 64$). Обеим группам был разработан комплекс физической реабилитации, включающий в себя упражнения аэробного характера, упражнения на гибкость и дыхательные упражнения. Группа МФР помимо основного комплекса подвергалась воздействию самомассажа. Исследование продолжалось на протяжении 12 недель. До и после исследования регистрировались показатели ВСР во временной и частотной областях при помощи устройства Firstbeat (Финляндия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Было установлено, что комплексы физической реабилитации у лиц с ВД способствовали увеличению временных показателей ВСР: среднеквадратичного отклонения разностей между интервалами в группе МФР ($p = 0,001$), в контрольной группе ($p = 0,039$); стандартного отклонения среднего интервала в группе МФР ($p = 0,000$), в контрольной группе ($p = 0,012$). Также после комплексов физической реабилитации наблюдалось изменение параметров частотной области ВСР: увеличение общей мощности в группе МФР ($p = 0,006$), в контрольной группе ($p = 0,014$); повышение мощности в диапазоне высоких частот в группе МФР ($p = 0,008$), в контрольной группе ($p = 0,016$); уменьшение соотношения низкочастотной мощности к высокочастотной в группе МФР ($p = 0,013$), в контрольной группе ($p = 0,038$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Комплекс физической реабилитации с применением МФР способен изменить некоторые параметры ВСР, снижая симпатическую и увеличивая парасимпатическую активность у лиц с ВД.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: миофасциальный релиз, вегетативная дисфункция, реабилитация, variability сердечного ритма

Для цитирования / For citation: Казанцева Т.В., Коломиец О.И. Влияние миофасциального релиза на показатели variability сердечного ритма у лиц с вегетативной дисфункцией: рандомизированное контролируемое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):39–46. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-39-46> [Kazantseva T.V., Kolomiets O.I. The Effect of Myofascial Release on Heart Rate Variability in Subjects with Autonomic Dysfunction: a Randomized Controlled Trial. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):39–46. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-39-46> (In Russ.)]

* Для корреспонденции: Казанцева Татьяна Викторовна, E-mail: olimpialife@list.ru

Статья получена: 26.08.2024
Статья принята к печати: 19.10.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

The Effect of Myofascial Release on Heart Rate Variability in Subjects with Autonomic Dysfunction: a Randomized Controlled Trial

 Tatiana V. Kazantseva^{1,*},  Olga I. Kolomiets²

¹ Olympia Life Educational Center, Chelyabinsk, Russia

² Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Autonomic dysfunction (AD) is characterized by changes in the afferent or efferent components of sympathetic and parasympathetic neural control that are associated with pathological conditions. Heart rate variability (HRV), as one of the key indicators of autonomic regulation, is known to be associated with many chronic diseases and mortality. Thus, interventions aimed at improving autonomic regulation and increasing HRV are important for public health. Myofascial release (MFR) — a form of self-massage aimed at relieving tension, reducing pain, and increasing range of motion, can have a positive effect on autonomic regulation.

AIM. To evaluate the effects of a physical rehabilitation complex using myofascial release on HRV in individuals with AD based on Firstbeat-monitoring.

MATERIALS AND METHODS. For this randomized controlled trial, 128 subjects with AD, having a dominant influence of the sympathetic division of the autonomic nervous system, were selected and randomly divided into two groups: MFR ($n = 64$) and control ($n = 64$). Both groups were given a physical rehabilitation program, including aerobic exercises, flexibility exercises, and breathing exercises. The MFR group, in addition to the main program, was exposed to self-massage. The study lasted for 12 weeks. Before and after the study, HRV was recorded in the time and frequency domains using the Firstbeat device (Finland).

RESULTS AND DISCUSSION. It was found that physical rehabilitation programs in individuals with AD contributed to an increase in the temporal parameters of HRV: mean square deviation of differences between the intervals in the MFR group ($p = 0.001$), in the control group ($p = 0.039$); standard deviation of the mean interval in the MFR group ($p = 0.000$), in the control group ($p = 0.012$). Also, after physical rehabilitation programs, a change in the parameters of the frequency domain of HRV was observed: an increase in the total power in the MFR group ($p = 0.006$), in the control group ($p = 0.014$); an increase in the power in the high-frequency range in the MFR group ($p = 0.008$), in the control group ($p = 0.016$); a decrease in the ratio of low-frequency to high-frequency power in the MFR group ($p = 0.013$), in the control group ($p = 0.038$).

CONCLUSION. The application of myofascial release as part of a physical rehabilitation program can facilitate changes in certain parameters of heart rate variability (HRV), reducing sympathetic activity and increasing parasympathetic activity in individuals with AD.

KEYWORDS: myofascial release, autonomic dysfunction, rehabilitation, heart rate variability

For citation: Kazantseva T.V., Kolomiets O.I. The Effect of Myofascial Release on Heart Rate Variability in Subjects with Autonomic Dysfunction: a Randomized Controlled Trial. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2025; 24(1):39–46. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-39-46> (In Russ.).

* **For correspondence:** Tatyana V. Kazantseva, E-mail: olimpialife@list.ru

Received: 26.08.2024

Accepted: 19.10.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) является объективным показателем для оценки функции вегетативной нервной системы (ВНС). ВСР является мерой изменений между последовательными сокращениями сердца, возникающими в результате динамических колебаний в ВНС, и служит показателем, который можно использовать для оценки совместного влияния симпатического и парасимпатического отделов ВНС на частоту сердечных сокращений (ЧСС). Высокое значение ВСР обычно связано с лучшим здоровьем и благополучием, включая лучшую адаптацию к внешнему стрессу, тогда как низкая ВСР предполагает обратное [1]. Снижение ВСР в состоянии покоя указывает на монотонную ЧСС и связано с нарушением регуляторных и гомеостатических функций ВНС, что в свою очередь влияет на способность организма регулировать эмоциональные реакции на внутренние и внешние стрессовые события [2]. Эмоциональное расстройство, качество сна, образ жизни и некоторые заболевания могут влиять на ВСР [3]. Предыдущие исследования показали, что

эмоциональный стресс может напрямую влиять на функционирование симпатического и парасимпатического отделов ВНС [2].

Известно, что вегетативная дисфункция (ВД) тесно связана со многими хроническими заболеваниями и смертностью. Так, в недавнем метаанализе проспективных когортных исследований снижение восстановления ЧСС, являющееся простой и неинвазивной оценкой ВД, было связано с повышенным риском сердечно-сосудистых событий и смертности от всех причин [4]. Jarczok M. et al. [5] в систематическом обзоре и метаанализе у здоровых лиц и у лиц с различными заболеваниями установили, что ВСР имела сильную связь со смертностью от всех причин. Кроме того, как временные, так и частотные показатели ВСР были связаны с сердечно-сосудистыми событиями, а также с риском смертности от всех причин у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями [6]. Стресс является известным фактором, приводящим к развитию ВД и снижению ВСР [7]. При этом недавний систематический обзор и метаанализ, проведенный El-Malahi O. et al. [8],

установил, что различные вмешательства, направленные на снижение стресса, могут позитивно сказаться на ВСР и, соответственно, снизить риск заболеваний и смертности [8].

Исследования показали, что массажная терапия снижает систолическое и диастолическое артериальное давление у людей с гипертонией или предгипертонией [9]. Предполагается, что механическое давление, приложенное к сосудам во время массажной терапии, может вызвать положительную гемодинамическую адаптацию [10]. Среди методов массажных технологий в последнее время в реабилитационных учреждениях и фитнес-центрах приобрел популярность миофасциальный релиз (МФР). МФР — это форма самомассажа, направленная на снятие напряжения, улучшение кровотока и облегчение мышечных болей, выполняется человеком самостоятельно часто с использованием специального оборудования [11]. Известно, что МФР увеличивает диапазон движений, уменьшает боль, ускоряет восстановление и повышает физическую работоспособность [12, 13]. Недавно было установлено, что МФР может вызвать срочные адаптационные изменения по модуляции ВНС и гемодинамическим параметрам, а также снижать реакцию сердечно-сосудистой системы на стресс [14]. Учитывая потенциальное позитивное влияние МФР на сердечно-сосудистую систему, вполне вероятно, что данный метод окажет положительное влияние на ВСР у лиц с ВД.

ЦЕЛЬ

Оценить влияние комплекса физической реабилитации с применением МФР на показатели ВСР у лиц с ВД на основе Firstbeat-мониторинга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное рандомизированное контролируемое исследование проводилось на базе АНО ДПО «ОЦ Олимпия Лайф», ООО «Курорт Кисегач», сети фитнес-клубов «Территория спорта» (г. Челябинск), а также лаборатории кафедры спортивной медицины и физической реабилитации Уральского государственного университета физической культуры с сентября 2020 по февраль 2023 г.

На первом этапе исследования (сентябрь 2020 г. – февраль 2021 г.) был осуществлен отбор, в котором изначально приняли участие 278 человек в возрасте от 20 до 50 лет, имеющие расстройство вегетативной (автономной) нервной системы. Затем были отобраны лица, имеющие доминирующее влияние симпатического отдела ВНС, определенное по ВСР [15], с наличием признаков вегетативных изменений по опроснику А.М. Вейна [16].

Критерия включения

К ним относятся:

- возраст от 20 до 50 лет;
- расстройство вегетативной (автономной) нервной системы (код по МКБ-10 — G90);
- доминирующее влияние симпатического отдела ВНС, определенное по ВСР [15];
- наличие признаков вегетативных изменений по опроснику А.М. Вейна (≥ 15 баллов) [16];
- письменное добровольное согласие на участие в исследовании.

Критерия не включения

К ним относятся:

- возраст младше 20 и старше 50 лет;
- сопутствующие заболевания нервной системы и психической сферы;
- заболевания сердечно-сосудистой, дыхательной и эндокринной систем;
- прием лекарственных препаратов седативного спектра;
- кожные заболевания и иные повреждения кожи в областях МФР-воздействия;
- применение расслабляющих и медитативных техник;
- беременность и период лактации.

В процессе отбора были исключены лица, имеющие артериальную гипертензию ($n = 29$), лица, осуществляющие прием препаратов седативного спектра ($n = 11$), а также участники, отказавшиеся от продолжения исследования ($n = 6$). Таким образом, были отобраны 136 участников, которые были подвергнуты рандомизации.

Рандомизация участников исследования

На втором этапе два участника ($n = 2$) отказались от проведения дальнейшего исследования. Таким образом, 134 человека подверглись рандомизации. Для рандомизации участников исследования использовалась компьютерная программа Research Randomizer [17]. Каждому участнику мужского ($n = 36$) и женского пола ($n = 98$) сторонним наблюдателем был роздан конверт с порядковым номером внутри. После этого при помощи программы Research Randomizer все испытуемые были разделены на две группы: МФР ($n = 67$) и контрольная группа ($n = 67$). Три участника в группе контроля ($n = 3$) и один участник в группе МФР ($n = 1$) выбыли в процессе проведения исследования, поэтому они были исключены из окончательного анализа. Чтобы предотвратить погрешность, из группы МФР был исключен один участник ($n = 1$). Таким образом, в окончательный анализ вошли результаты исследования 128 человек.

Участники были ознакомлены с содержанием и структурой исследования. Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации, у всех участников было получено письменное информированное согласие. На проведение настоящего исследования получено одобрение локального этического комитета ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры» (выписка из заседания № 1 от 24.09.2019).

Оценка variability сердечного ритма

Сигналы ЧСС регистрировали с помощью коммерчески доступного устройства Firstbeat (Финляндия). Оценка ВСР проводилась до исследования в течение 3 последовательных дней с утра. Нагрудные датчики устанавливали на испытуемых в комнате без посторонних звуков в спокойной обстановке. После установки датчиков испытуемые находились в положении сидя в течение 30 минут. За 3 суток перед первой процедурой и в течение последующих 3 дней обследования испытуемым рекомендовалось ограничить физические нагрузки, отказаться

от употребления алкоголя, а перед замерами воздержаться от употребления кофеина и курения. Оценку ВСП после курса физической реабилитации проводили через 3 суток после последней тренировки с соблюдением тех же условий, что и до исследования. Обработку сигнала для получения параметров ВСП проводили с помощью программного обеспечения Firstbeat 4.3.0.6. Определялось среднее значение параметров ВСП на основании трех замеров до и после исследования. На основе анализа во временной области были рассчитаны следующие параметры ВСП: среднеквадратичное отклонение последовательных разностей интервалов (RMSSD); стандартное отклонение среднего интервала (SDNN); процент соседних кардиоинтервалов, отличающихся друг от друга более чем на 50 мс (pNN50). При оценке спектрального анализа мощности (частотная область) были получены следующие параметры ВСП: низкочастотная мощность (LF Power; 0,04–0,15 Гц), высокочастотная мощность (HF Power; 0,15–0,4 Гц), соотношение LF/HF.

Протокол физической реабилитации

В комплекс физической реабилитации групп МФР и контроля были включены упражнения, направленные на улучшение вегетативного баланса (два раза в неделю по 40 минут). В протокол занятия входил комплекс из динамических упражнений аэробного характера, изометрических упражнений на гибкость и дыхательных упражнений. Всем участникам было рекомендовано контролировать показатель ЧСС в момент выполнения физических упражнений в диапазоне целевого значения (60–80 % от резерва ЧСС), полученного в результате расчета по формуле Карвонена [18]:

$$\text{Целевая ЧСС} = ((\text{ЧСС}_{\text{МАКС}} - \text{ЧСС}_{\text{ПОКОЯ}}) \times \% \text{ целевой интенсивности (60–80 \%)} + \text{ЧСС}_{\text{ПОКОЯ}})$$

где $\text{ЧСС}_{\text{МАКС}} = 211 - 0,64 \times \text{возраст}$ [19]; $\text{ЧСС}_{\text{ПОКОЯ}}$ измерялась на последней минуте 5-минутного отдыха сидя.

Протокол миофасциального релиза

Группа МФР помимо комплекса физической реабилитации подвергалась воздействию самомассажа с применением дополнительного оборудования (2 раза в неделю по 40 минут), протокол которого был разработан специально для данной группы респондентов. Самомассаж был направлен на снижение доминирующего влияния симпатического отдела ВНС.

Сеанс самомассажа МФР проводился в течение 40 минут во временном диапазоне с 17:00 до 19:00 часов, в специализированном зале оздоровительной направленности, в котором показатели тишины, освещенности и температуры способствовали расслаблению.

Занятие осуществлялось с использованием дополнительного оборудования (пенный ролл низкой/средней плотности, мяч диаметром 8 см, двойной мяч диаметром 12 см) при сопровождении постоянных голосовых инструкций о регионе миофасциального воздействия, скорости движения и силе давления. Для снижения доминирующего влияния симпатического отдела ВНС самомассаж осуществлялся в умеренном, близком к медленному, темпе с силой давления на триггерную точку в рамках умеренного уровня боли

согласно визуально-аналоговой шкале, диапазон которого был определен как 4–6 баллов из 10 (в зависимости от индивидуальной переносимости боли) [20]. Основными зонами миофасциального воздействия были выбраны задняя, передняя и боковая поверхности тела. Исследование продолжалось на протяжении 12 недель.

Статистическая обработка результатов

Полученные результаты обработаны с помощью статистического пакета анализа Microsoft Excel. Проверку на нормальность распределения признаков проводили с использованием критериев Шапиро — Уилка. Определение статистической значимости различий зависимых и независимых выборок до и после исследования проводили с помощью *t*-критерия Стьюдента. Значения переменных представлены в виде $M \pm SD$, где M — среднее арифметическое отклонение, SD — стандартное (среднее квадратичное) отклонение. Результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели ВСП до и после исследования в группах представлены в таблице 1.

До начала исследования не наблюдалось статистически значимых различий по показателям временной и частотной областей ВСП между группами МФР и контроля ($p > 0,05$). Показатели RMSSD, SDNN, pNN50 отражают состояние парасимпатической нервной системы, которая отвечает за процессы восстановления после физиологического и/или эмоционального стресса. Высокие значения этих параметров связаны с повышенной парасимпатической активностью, в то время как низкие значения во время отдыха указывают на плохое восстановление и более высокую симпатическую активность. В данном исследовании в группе МФР после курса физической реабилитации значения параметра RMSSD ($p = 0,001$) и SDNN ($p = 0,000$) статистически значимо увеличились, что свидетельствует о положительном влиянии курса МФР на парасимпатическую регуляцию. В контрольной группе показатели RMSSD ($p = 0,039$) и SDNN ($p = 0,012$) также статистически значимо увеличились. При этом наблюдалось статистически значимое различие по показателю RMSSD ($p = 0,031$) после исследования между группами. Показатель pNN50 имел тенденцию к увеличению в обеих группах, но не достиг порога статистической значимости ни для одной из групп ($p > 0,05$).

Показатель вегетативного баланса (total power (TP) — общая мощность) показывает сумму волн HF, LF и VLF (very low frequency — волна очень низкой частоты), генерируемых сердцем. Более низкие значения TP свидетельствуют о наличии хронического стресса. В нашем исследовании показатель TP после исследования статистически значимо увеличился и в группе МФР ($p = 0,006$), и в контрольной группе ($p = 0,014$) без статистически значимых различий ($p = 0,274$) между группами.

Низкие частоты (Low Frequency — LF) представляют собой комбинацию симпатических и парасимпатических эффектов, находящихся под влиянием, прежде всего, барорефлекторной активности, опосредованной вагусом. В то время как высокие частоты (High Frequency — HF) соответствуют парасимпатической

Таблица 1. Показатели вариабельности сердечного ритма до и после курса физической реабилитации у лиц с вегетативной дисфункцией (M ± SD)

Table 1. Indicators of heart rate variability before and after a course of physical rehabilitation in persons with autonomic dysfunction (M ± SD)

Показатели / Parameters		Миофасциальный релиз / Myofascial release (n = 64)	Контроль / Control (n = 64)	p
Корень квадратный из среднего значения суммы квадратов разностей между соседними NN-интервалами, мс / Square root of the mean value of the sum of squares of differences between the adjacent NN-intervals, ms	До / Before	15,89 ± 3,18	16,53 ± 2,86	0,355
	После / After	29,54 ± 6,59	24,50 ± 5,87	0,031
	<i>p</i>	0,001	0,039	
Стандартное отклонение для всех NN-интервалов, мс / Standard deviation for all NN-intervals, ms	До / Before	23,63 ± 5,36	24,88 ± 4,23	0,126
	После / After	35,64 ± 8,64	33,89 ± 7,62	0,127
	<i>p</i>	0,000	0,012	
Процент соседних кардиоинтервалов, отличающихся друг от друга более чем на 50 мс, % / Percentage of the adjacent RR intervals differing by more than 50 ms, %	До / Before	9,64 ± 4,88	11,25 ± 6,42	0,341
	После / After	12,38 ± 5,89	14,27 ± 6,14	0,294
	<i>p</i>	0,078	0,089	
Общая мощность, мс ² / Total power, ms ²	До / Before	3195,07 ± 282,14	3319,07 ± 221,14	0,224
	После / After	3579,08 ± 253,52	3658,08 ± 296,52	0,271
	<i>p</i>	0,006	0,014	
Мощность в диапазоне HF, мс ² / Power in the HF range, ms ²	До / Before	876,49 ± 114,14	791,49 ± 128,14	0,278
	После / After	1197,11 ± 153,52	1008,11 ± 106,52	0,041
	<i>p</i>	0,008	0,016	
Мощность в диапазоне LF, мс ² / Power in the LF range, ms ²	До / Before	1219,78 ± 179,83	1304,58 ± 141,83	0,272
	После / After	1194,97 ± 148,65	1289,97 ± 164,65	0,092
	<i>p</i>	0,324	0,571	
Соотношение LF\HF, у.е. / LF/HF ratio, c.u.	До / Before	1,39 ± 0,26	1,51 ± 0,21	0,087
	После / After	1,00 ± 0,29	1,25 ± 0,22	0,043
	<i>p</i>	0,013	0,038	

Примечание: *p* — статистические различия между показателями до и после курса МФР (анализ различий проведен по *t*-критерию Стьюдента); LF — низкочастотная мощность HF — высокочастотная мощность; M — среднее значение, SD — стандартное отклонение.

Note: *p*-value — statistical differences between the indicators before and after the training course (differences were analyzed by Student's *t*-test); LF — low-frequency power, HF — high-frequency power; M — mean, SD — standard deviation.

активности. Соотношение LF/HF служит показателем симпатовагального баланса, указывающим на баланс между симпатической и парасимпатической активностью. В нашем исследовании показатель HF статистически значимо увеличился в группе МФР ($p = 0,008$), в то время как показатель LF в группе МФР имел тенденцию к снижению, но без статистически значимых различий ($p = 0,324$). Соотношение LF/HF в группе МФР статисти-

чески значимо снизилось ($p = 0,013$). В контрольной группе после исследования показатели HF также статистически значимо увеличились ($p = 0,016$), а показатели LF статистически значимо не изменились ($p = 0,571$), при этом наблюдалось снижение соотношения LF/HF ($p = 0,038$). Статистическая обработка спектрального анализа продемонстрировала статистически значимые различия между группами МФР и контроля после ис-

следования по показателям HF ($p = 0,041$) и соотношению LF/HF ($p = 0,043$).

Целью этого исследования была оценка влияния комплекса физической реабилитации с применением МФР у лиц с ВД. Результаты нашего исследования продемонстрировали, что регулярное использование МФР в комплексе физической реабилитации лиц с ВД оказывает положительное влияние на некоторые параметры ВСР.

Известно, что аэробные упражнения оказывают положительное влияние на ВСР как у здоровых взрослых [21], так и у лиц с ишемической болезнью сердца [22], у пациентов с сердечной недостаточностью [23] и сахарным диабетом 2-го типа [24]. Улучшение показателей ВСР после аэробных тренировок вызвано более высокой активностью блуждающего нерва, улучшением метаболических параметров, снижением системного воспаления, снижением периферического сосудистого сопротивления и улучшением функции эндотелия сосудов. Также метаанализ рандомизированных и нерандомизированных контролируемых исследований установил, что упражнения на растяжение снижают артериальную жесткость, ЧСС и диастолическое артериальное давление, а также улучшают функцию эндотелия сосудов у людей среднего и пожилого возраста [25]. В свою очередь медленное и глубокое дыхание улучшает ВСР за счет усиления активности блуждающего нерва путем стимуляции респираторной синусовой аритмии и барорефлекса [26]. В нашем исследовании было установлено, что комплексная реабилитация, включающая в себя аэробные упражнения, упражнения на гибкость и дыхательные упражнения улучшала параметры ВСР у лиц с ВД.

Также нами было установлено, что добавление МФР в комплекс физической реабилитации для лиц с ВД может иметь дополнительные преимущества для улучшения параметров ВСР. В предыдущих исследованиях оценивались срочные адаптационные изменения вегетативной функции после одного сеанса МФР. Так, Lastova K. et al. [27] установили, что сеанс МФР привел к усилению парасимпатической (измеренной по HF и RMSSD) и снижению симпатической активности (измеренной по LF). Исследователи наблюдали значительное увеличение RMSSD, продолжающееся до 30 минут после сеанса МФР. Кроме того, авторы отметили значительное снижение соотношения LF/HF после сеанса МФР. В другом исследовании Delaney J. et al. [28] также сообщили об увеличении HF через 5 и 20 минут после сеансов МФР у здоровых лиц. Ketelhut S. et al. [14] также обнаружили, что один сеанс МФР приводил к снижению диастолического артериального давления, общего периферического сопротивления и RMSSD. При этом в исследованиях Корес Т. et al. [29] не было обнаружено существенного влияния сеанса МФР на показатель RMSSD и ЧСС у здоровых лиц. Несовпадения в результатах могут быть связаны с различиями в дизайне исследования, временными точками измерения, интенсивностью давления, различными протоколами, включающими разные техники, а также воздействие на разные группы мышц. К сожалению, мы не нашли исследований, изучающих долгосрочные изменения ВСР после регулярного воздействия МФР у лиц с ВД. Результаты нашего исследования дополня-

ют предыдущие научные данные о том, что регулярное применение МФР в комплексе физической реабилитации лиц с ВД может существенно улучшить вегетативную модуляцию сердца. Механизмы, лежащие в основе положительного влияния МФР на сердечно-сосудистые параметры, сложны и до конца не изучены. Однако можно предположить, что механическое давление, приложенное к сосудам и тканям во время МФР, запускает выработку оксида азота (NO). Сообщалось, что активация эндотелиального интегрина в результате деформации сосудов за счет циклической трансмуральной нагрузки давлением приводит к выработке эндотелием NO и последующей вазодилатации [10]. Так, Okamoto T. et al. [30] сообщили об увеличении уровня циркулирующего NO после одного сеанса МФР. Также предыдущие исследования продемонстрировали, что нейрофизиологические реакции после МФР могут привести к уменьшению боли за счет активации нисходящих тормозных нервных путей [31] и снижению активации ноцицепторов [32], что может оказывать влияние на параметры ВСР. Таким образом, механическое давление во время сеансов МФР, а также анальгезирующий эффект после сеансов МФР могут быть причиной снижения реакции на стресс и, как следствие, улучшения показателей ВСР у лиц с ВД.

Ограничения исследования

В нашем исследовании не было возможности оценивать уровень двигательной активности, уровень стресса, продолжительность и качество сна, а также распорядок дня у испытуемых, что могло исказить результаты.

В нашем исследовании не было группы фиктивного вмешательства (группы плацебо), а также группы, которая бы выполняла только МФР, что могло дать дополнительную информацию об отдельном влиянии данного метода на ВСР.

Мы не анализировали половые различия влияния МФР на ВСР.

Последним ограничением для этого исследования может быть предложенный нами протокол МФР. В настоящее время нет опубликованных стандартизированных протоколов МФР для данной категории лиц. Мы предположили, что самомассаж, осуществляемый в умеренном, близком к медленному темпу с силой давления на триггерную точку 4–6 по визуально-аналоговой шкале должен способствовать уменьшению доминирующего влияния симпатического отдела ВНС у лиц с ВД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты этого исследования показывают, что регулярное применение МФР у лиц с ВД оказывает положительное влияние на показатели ВСР. Дальнейшие исследования должны изучить долгосрочные эффекты и оптимальные протоколы, а также механизмы влияния МФР в различных группах населения. Если регулярное использование МФР продемонстрирует положительное влияние на параметры ВСР, то данный метод можно рассматривать как ценное дополнение к программам физической активности и физической реабилитации, направленное на укрепление и восстановление здоровья и снижение бремени многих хронических заболеваний.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Казанцева Татьяна Викторовна, преподаватель-исследователь, образовательный центр «Олимпия Лайф».

E-mail: olimpialife@list.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6526-7011>

Коломиец Ольга Ивановна, кандидат биологических наук, профессор, преподаватель кафедры спортивной медицины и физической реабилитации, Уральский государственный университет физической культуры.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4623-856X>

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: Казанцева Т.В. — проведение исследования, написание черновика рукописи, научное обоснование, верификация данных, получение и анализ фактических данных, написание текста статьи, курирование проекта; Коломиец О.И. — методология, проверка и редактирование статьи, визуализация, руководство проектом, обеспечение материалов для исследования.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования. Исследование проведено на личные сред-

ства авторского коллектива.

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 ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры», выписка из заседания № 1 от 24.09.2019.

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.

Благодарность. Авторы выражают признательность сети фитнес-клубов «Территория спорта» (г. Челябинск, Россия) в лице фитнес-директора Наумова Евгения Дмитриевича, ООО «Курорт Кисегач» (г. Челябинск, Россия) в лице директора Булатова Сергея Вацлавовича.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Tatyana V. Kazantseva, Research Teacher, Olympia Life Educational Center.

E-mail: olimpialife@list.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6526-7011>

Olga I. Kolomiets, Ph.D. (Biol.), Professor, Lecturer at the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation, Ural State University of Physical Culture.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4623-856X>

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: Kazantseva T.V. — investigation, writing — original draft, conceptualization, validation, obtain and formal analysis, supervision; Kolomiets O.I. — methodology, writing review and editing, visualization, project administration, resources.

Funding. This study was not supported by any external funding sources. The study was conducted with personal funds from the author's team.

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 Declaration of Helsinki as revised in 2013. The study was approved by the Local Ethics Committee of Ural State University of Physical Culture, extract from the meeting No. 1 dated 24.09.2019.

Informed Consent for Publication. The study does not disclose any information that could identify the patient(s). Prior to submission, written consent was obtained from all patients (or their legal representatives) for the publication of all relevant medical information included in the manuscript.

Acknowledgment. The authors would like to express their gratitude to Territory of Sport — a gym chain (Chelyabinsk, Russia), represented by Fitness Director Evgeny D. Naumov, Kisekach Resort LLC (Chelyabinsk, Russia), represented by Director Sergey V. Bulatov.

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

Список литературы / References

- Appelhans B., Luecken L.J. Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of General Psychology*. 2006; 10(3): 229–240. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.10.3.229>
- Kim H., Cheon E., Bai D. et al. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investig*. 2018; 15(3): 235–245. <https://doi.org/10.30773/pi.2017.08.17>
- Fatissou J., Oswald V., Lalonde F. Influence diagram of physiological and environmental factors affecting heart rate variability: an extended literature overview. *Heart Int*. 2016; 11(1): 32–40. <https://doi.org/10.5301/heartint.5000232>
- Qiu S., Cai X., Sun Z. et al. Heart Rate Recovery and Risk of Cardiovascular Events and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *J Am Heart Assoc*. 2017; 6(5): 55–71. <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.005505>

5. Jarczok M., Weimer K., Braun C. et al. Heart rate variability in the prediction of mortality: A systematic review and meta-analysis of healthy and patient populations. *Neurosci Biobehav Rev.* 2022; 143: 104–121. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104907>
6. Fang S., Wu Y., Tsai P. Heart Rate Variability and Risk of All-Cause Death and Cardiovascular Events in Patients with Cardiovascular Disease: A Meta-Analysis of Cohort Studies. *Biol Res Nurs.* 2020; 22(1): 45–56. <https://doi.org/10.1177/1099800419877442>
7. Schneider M., Schwerdtfeger A. Autonomic dysfunction in posttraumatic stress disorder indexed by heart rate variability: a meta-analysis. *Psychol Med.* 2020; 50(12): 1937–1948. <https://doi.org/10.1017/S003329172000207X>
8. El-Malahi O., Mohajeri D., Bäuerle A. et al. The Effect of Stress-Reducing Interventions on Heart Rate Variability in Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Life (Basel).* 2024; 14(6): 749–765. <https://doi.org/10.3390/life14060749>
9. Liao I., Chen S., Wang M. et al. Effects of Massage on Blood Pressure in Patients with Hypertension and Prehypertension: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Cardiovasc Nurs.* 2016; 31(1): 73–83. <https://doi.org/10.1097/JCN.0000000000000217>
10. Lu X., Kassab G. Integrins mediate mechanical compression-induced endothelium-dependent vasodilation through endothelial nitric oxide pathway. *J Gen Physiol.* 2015; 146(3): 221–232. <https://doi.org/10.1085/jgp.201411350>
11. Beardsley C., Škarabot J. Effects of self-myofascial release: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther.* 2015; 19(4): 747–58. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.08.007>
12. Cheatham S., Stull K. Roller massage: Comparison of three different surface type pattern foam rollers on passive knee range of motion and pain perception. *J Bodyw Mov Ther.* 2019; 23(3): 555–560. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.05.002>
13. Wiewelhove T., Döweling A., Schneider C. et al. Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Front Physiol.* 2019; 10: 376–391. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00376>
14. Ketelhut S., Oechslein L., Zehnder C. et al. Acute self-myofascial release modulates cardiac autonomic function and hemodynamic parameters at rest and reduces cardiovascular stress reaction. *Eur J Appl Physiol.* 2024; 124(5): 1535–1545. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05382-2>
15. Максумова Н.В. Оценка вегетативного тонуса и уровня адаптации на основании комплексного анализа показателей вариабельности ритма сердца. *Практическая медицина.* 2015; 3(88): 46–51. [Maksumova N.V. Assessment of vegetative tone and adaptation level based on a comprehensive analysis of heart rate variability indicators. *Practical Medicine.* 2015; 3(88): 46–51 (In Russ.)]
16. Вейн А.М. Опросник для выявления признаков вегетативных изменений. Электронный ресурс. Доступно на: https://psychiatry-test.ru/?post_type=wpt_test&p=755 (Дата обращения: 10.12.2020) [Vein A.M. Questionnaire for identifying signs of vegetative changes. *Electronic resource.* Available at: https://psychiatry-test.ru/?post_type=wpt_test&p=755 (Accessed: 10.12.2020) (In Russ.)]
17. Research Randomizer. Available at: <https://www.randomizer.org/> (Accessed: 10.03.2021).
18. Karvonen M., Kentala E., Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957; 35(3): 307–315.
19. Nes B., Janszky I., Wisløff U. et al. Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT fitness study. *Scand J Med Sci Sports.* 2013; 23(6): 697–704. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01445.x>
20. Thong I., Jensen M., Miró J. et al. The validity of pain intensity measures: what do the NRS, VAS, VRS, and FPS-R measure? *J Scand J Pain.* 2018; 18(1): 99–107. <https://doi.org/10.1515/sjpain-2018-0012>
21. Amekran Y., Damoun N., Taiek N. et al. Effects of aerobic training on heart rate variability in healthy adults: A systematic review. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche.* 2023; 182: 432–443.
22. Manresa-Rocamora A., Ribeiro F., Sarabia J. et al. Exercise-based cardiac rehabilitation and parasympathetic function in patients with coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. *Clin Auton Res.* 2021; 31(2): 187–203. <https://doi.org/10.1007/s10286-020-00687-0>
23. Pearson M., Smart N. Exercise therapy and autonomic function in heart failure patients: a systematic review and meta-analysis. *Heart Fail Rev.* 2018; 23(1): 91–108. <https://doi.org/10.1007/s10741-017-9662-z>
24. Picard M., Tauveron I., Magdasy S. et al. Effect of exercise training on heart rate variability in type 2 diabetes mellitus patients: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 202; 16(5): 125–143. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251863>
25. Kato M., Nihei Green F., Hotta K. et al. The Efficacy of Stretching Exercises on Arterial Stiffness in Middle-Aged and Older Adults: A Meta-Analysis of Randomized and Non-Randomized Controlled Trials. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(16): 564–583. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165643>
26. Ma D., Li C., Shi W. et al. Benefits From Different Modes of Slow and Deep Breathing on Vagal Modulation. *IEEE J Transl Eng Health Med.* 2024; 12: 520–532. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2024.3419805>
27. Lastova K., Nordvall M., Walters-Edwards M. et al. Cardiac Autonomic and Blood Pressure Responses to an Acute Foam Rolling Session. *J Strength Cond Res.* 2018; 32(10): 2825–2830. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002562>
28. Delaney J., Leong K., Watkins A. et al. The short-term effects of myofascial trigger point massage therapy on cardiac autonomic tone in healthy subjects. *J Adv Nurs.* 2002; 37(4): 364–371. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2002.02103.x>
29. Kopec T. Acute effects of a single-session of full-body foam rolling on heart rate variability. *International Journal of Therapeutic Massage & Bodywork.* 2022; 15(4): 18–25. <https://doi.org/10.3822/ijtmb.v15i4.739>
30. Okamoto T., Masuhara M., Ikuta K. Acute effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial function. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2014; 28(1): 69–73. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31829480f5>
31. Jay K., Sundstrup E., Søndergaard S. et al. Specific and cross over effects of massage for muscle soreness: randomized controlled trial. *Int J Sports Phys Ther.* 2014; 9(1): 82–91.
32. Aboodarda S., Spence A., Button D. Pain pressure threshold of a muscle tender spot increases following local and non-local rolling massage. *BMC musculoskeletal disorders.* 2015; 16: 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0729-5>

Effect of High-Intensity Focused Ultrasound on Sleep Quality Measures in Obese Doubled Chin Women: a Randomized Controlled Trial

 Nahla T.M. Ahmed*,  Hany E. Obaya,  Azza A.E. Abd Elhadi,
 Ahmed E. Saad, Akram Abdelaziz

Cairo University, Giza, Egypt

ABSTRACT

INTRODUCTION. The double chin is an excessive accumulation of fat in the pre- and post-platysma that can manifest in various forms and sizes. Thin individuals might manifest a double chin, similar to those who are afflicted by obesity. It may result in a reduction in the definition of the mandible and give the perception of obesity or aging.

AIM. To evaluate any effect of High-Intensity Focused Ultrasound (HIFU) on sleep quality measures in obese women with a double chin.

MATERIALS AND METHODS. Typically, 60 women aged 35–50 years were selected from AL Qasr-Alaini Hospital and were equally divided at random into groups A and B ($n = 30$). Group A (HIFU with exercise) received 3 HIFU sessions, a session/month/three months with adouble chin exercise (daily). Group B (Exercise group) received daily double chin exercises for only three months. Pre- and post-intervention, we assessed body mass index (BMI), hormonal changes (cortisol level), submental fat, and sleep apnea Apnea-Hypopnea Index.

RESULTS AND DISCUSSION. The results revealed no significant effect in age, weight, and height in both groups ($p > 0.05$). Post-three-month intervention, group A demonstrated a statistically significant decrease in the predetermined assessed outcomes compared to group B ($p < 0.001$).

CONCLUSION. There was established a significant impact of HIFU on measurements of sleep quality in obese doubled chin women.

REGISTRATION: Clinicaltrials.gov identifier No. NCT06217445, registered 04.01.2024.

KEYWORDS: doubled chin, focused ultrasound, sleep quality, obesity, body mass index

For citation: Ahmed N.T.M., Obaya H.E., Abd Elhadi A.A.E., Saad A.E., Abdelaziz A. 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>

* **For correspondence:** Nahla Tharwat Moussa Ahmed, E-mail: nahlatharwat1@cu.edu.eg

Received: 03.09.2024

Accepted: 18.11.2024

Published: 16.02.2025

Влияние высокоинтенсивного фокусированного ультразвука на показатели качества сна у женщин с локальным жировым отложением в области подбородка: рандомизированное контролируемое исследование

 Ахмед Н.Т.М.*,  Обайя Х.Э.,  Эльхадид А.А.Э.,  Саад А.Э., Абдельазиз А.

Каирский университет, Гуза, Египет

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Второй подбородок — это избыточное накопление жира в пред- и постплатизменной области, которое может проявляться в различных формах и размерах. У худых людей двойной подбородок может проявляться так же, как и у тех, кто страдает от ожирения. Он может привести к уменьшению рельефа нижней челюсти и создать впечатление ожирения или старения. **ЦЕЛЬ.** Оценить влияние высокоинтенсивного фокусированного ультразвука (HIFU) на показатели качества сна у женщин с локальным жировым отложением в области подбородка.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Для исследования были отобраны 60 женщин в возрасте 35–50 лет на базе больницы Аль-Каср-Алайни, которые были разделены в произвольном порядке на группы А и В ($n = 30$). Группа А посещала 3 сеанса высокоинтенсивного фокусированного ультразвука (HIFU с упражнениями), один сеанс в месяц/три месяца с упражнениями для двойного подбородка (ежедневно). Группа В (группа упражнений) получала ежедневные упражнения для двойного подбородка в течение трех месяцев. До и после вмешательства оценивались индекс массы тела, гормональные изменения (уровень кортизола), количество субментального жира и индекс апноэ-гипопноэ во сне.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Результаты не выявили значительного влияния возраста, веса и роста в обеих группах ($p > 0,05$). После трехмесячного вмешательства в группе А наблюдалось статистически значимое снижение заранее определенных результатов по сравнению с группой В ($p < 0,001$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Установлено значительное влияние высокоинтенсивного фокусированного ультразвука (HIFU) на показатели качества сна у женщин с локальным жировым отложением в области подбородка.

РЕГИСТРАЦИЯ: Идентификатор Clinicaltrials.gov № NCT06217445, зарегистрировано 04.01.2024.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: второй подбородок, фокусированный ультразвук, качество сна, ожирение, индекс массы тела

Для цитирования: Ahmed N.T.M., Obaya H.E., Abd Elhadi A.A.E., Saad A.E., Abdelaziz A. 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>

* Для корреспонденции: Nahla Tharwat Moussa Ahmed, E-mail: nahlatharwat1@cu.edu.eg

Статья получена: 03.09.2024

Статья принята к печати: 18.11.2024

Статья опубликована: 16.02.2025

INTRODUCTION

Obesity, a multifaceted medical disorder, constitutes a major public health issue in the United States as it has become an engraving epidemic [1]. Obesity is determined by the body mass index (BMI) $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ (Misinterpretation of obesity, or describe in more detail) which is evaluated by dividing weight (kg) by the square of height (m^2) [2]. Obesity is widespread in Egypt, with evaluated prevalence representing 61–70 % of the entire population aged more than 20 years [3]. Studies have revealed that 65 % (of men) and 76 % (of women), respectively, aged more than 15 years, are overweight or obese. In terms of obesity alone, the obesity prevalence is higher among females, with 39–48 % of females being obese, compared to 18–22 % of males [4].

Currently, obesity is widely acknowledged as a worldwide epidemic, and the American Medical Association and World Obesity Federation have classified it as a chronic progressive disease, separate from its role as a risk factor for other diseases [5]. The significant obese comorbidities include reduced life expectancy of 5–20 years, metabolic diseases (type 2 diabetes mellitus [T2DM] and fatty liver disease), cardiovascular diseases (hypertension, Myocardial Infarction, and stroke), musculoskeletal disease

(osteoarthritis), sleep apnea, depression, Alzheimer's, various cancers (colon, rectal, prostate, endometrium, breast, kidney, liver, ovarian), endocrine abnormalities including irregular menstrual cycles, amenorrhea, and infertility in overweight women. In addition, obesity is a major factor participating in the increasing T2DM occurrence [6].

High-Intensity Focused Ultrasound (HIFU) therapy utilizes the physical properties of ultrasound waves, such as good penetration, focalization, and directionality, to focus multiple low-energy ultrasound beams from outside the body onto the target lesion within the body [7]. This generates high-energy effects, including thermal, mechanical, and acoustic cavitation effects. A study on HIFU for facial and neck rejuvenation found significant improvements in such areas as the nasolabial folds, jawline, submental, and neck, with over 80 % improvement rates, according to physicians, and over 78 % of patient satisfaction. Common side effects were pain during the procedure and transient erythema, both resolving spontaneously. One case of transient numbness in the mandibular region was reported. Overall, HIFU was effective and safe for noninvasive facial and neck rejuvenation [8].

Obesity is related to significant reductions in expiratory reserve volume and functional residual capacity. The obesity impact on total lung capacity, residual volume, and spirometry is minimal and often falls within the normal range unless the obesity is exceptionally severe [9]. The primary cause of reduced total respiratory system compliance in obesity is a reduction in lung compliance, with a moderate impact on chest wall compliance [10]. Obesity is linked to reduced gas exchange and oxygenation and varied but often moderate impacts on carbon monoxide diffusing ability, often resulting in an elevated carbon monoxide transfer coefficient [11]. Cervical and chin subcutaneous adipose tissue (SAT) accumulation is a recognized characteristic of obesity [12].

Therefore, we hypothesized that utilizing HIFU with double chin exercises, which involves the application of direct ultrasound energy transmitted to the target area in short pulses, decreases double chin and improves sleep quality measures. Consequently, it has become a new therapeutic method for the treatment of many disorders. The objective was to investigate the fat storage sensitivity to long-term weight-loss targeted lifestyle interventions and determine their correlations with body adiposity, insulin resistance, and cardiometabolic risk.

AIM

To evaluate any effect of HIFU on sleep quality measures in obese women with a double chin.

MATERIALS AND METHODS

Randomization Methodology

Participants were randomly assigned to Group A (HIFU + exercises) or Group B (exercises only) using a computer-

generated random number sequence. The allocation was conducted by an independent researcher who was not involved in the recruitment, intervention, or data analysis processes to ensure allocation concealment. Sealed, opaque envelopes were used to assign participants to their respective groups to maintain blinding during the allocation process. Both participants and outcome assessors were blinded to the group assignments to minimize bias.

The inclusion criteria included: This double-blinded, randomized controlled trial recruited 60 patients aged 35–50 years, who were clinically stable, from Al Qasr-Alaini, from January 2024 to April 2024. The study was authorized by the Faculty of Physical Therapy Cairo University's Ethical Committee (P.T.REC/012/004481), registered at clinicaltrials.gov (NCT06217445), and followed the Helsinki Declaration. Participants were supplied with a detailed description of the study's objectives, possible hazards, and anticipated benefits and then signed an informed consent form. They had a comprehensive checkup before the research commenced and were referred by a chest specialist. Participants were equally assigned at random into groups A and B ($n = 30$). Group A received 3 HIFU sessions, a session/month/three months, with double chin exercise (daily). Group B received double chin exercises only daily for three months.

The exclusion criteria included the following: Presence of neurological disorders (stroke history or Parkinson's disease), renal or hepatic problems, acute disease, exposure to chemotherapy, recent surgery, any contraindications for utilizing HIFU including pregnancy, metal prosthesis or implants, epilepsy, DM, autoimmune disorders, heart diseases including the pacemaker, thrombosis, BMI < 30 and > 39.9, age < 35 and > 50 years, or male subjects (Fig. 1).

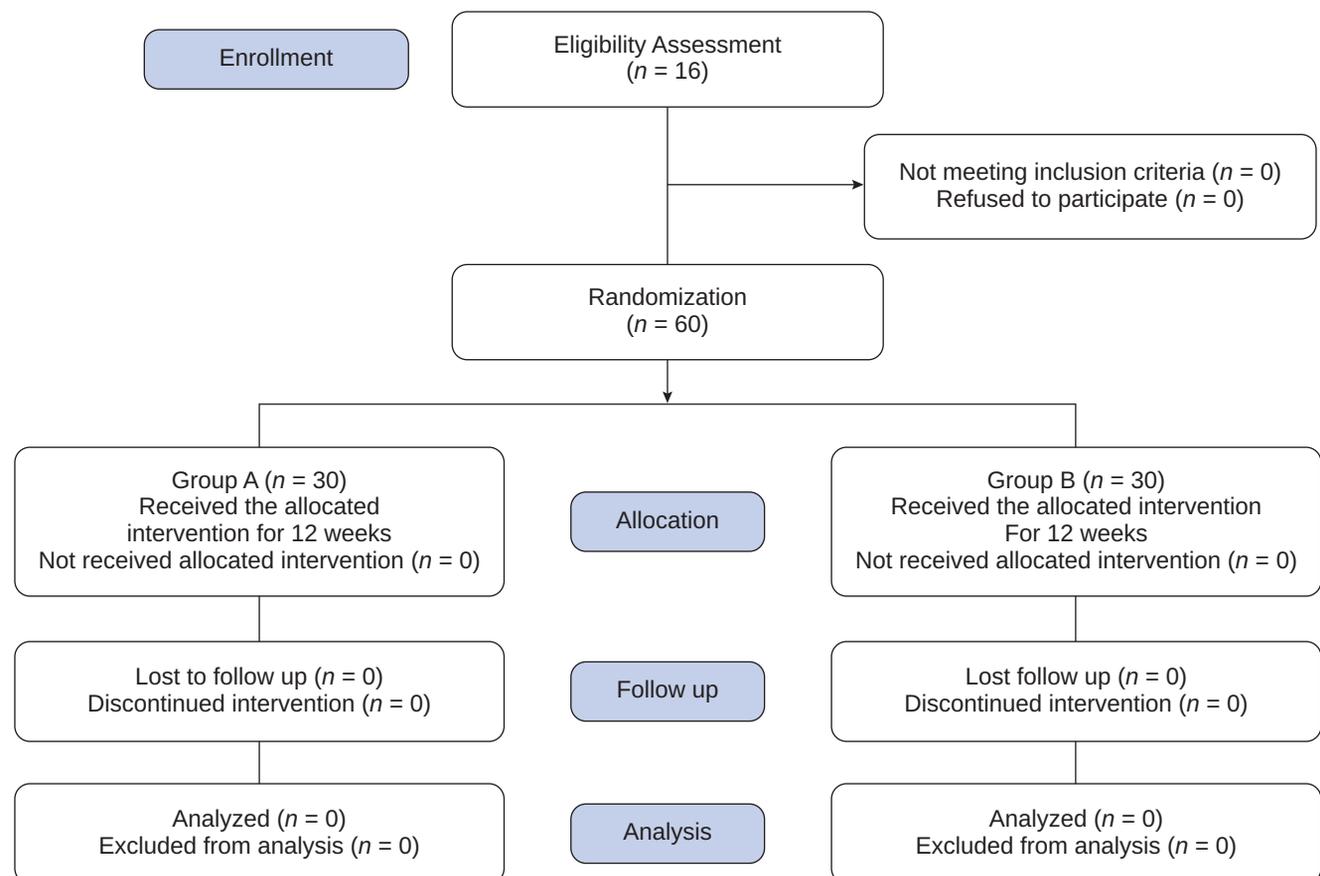


Fig. 1. Study flowchart

Outcome measurement

Using the initial body weight and height measurements, we determined BMI in the following manner:

$$\text{BMI} = \text{Weight (kg)} / \text{Height (m}^2\text{)}$$

InLaboratory measurements

Cortisol levels were assessed using venous blood sample tests at 9 AM and 9 PM pre- and post-intervention at TAG LAB laboratories. The reference ranges were 4.3–22.4 µg/dL (in the morning), and 3.0–16.6 µg/dL (in the evening).

Intervention procedures**HIFU**

The HIFU employs focused ultrasound energy to target the skin layers located immediately beneath the surface. The ultrasound energy induces a fast heating of the tissue. Upon reaching a specific temperature, the cells are damaged. Meanwhile, this may seem counterintuitive; the damage actually triggers the cellular production of collagen, a protein that supplies the skin with structural integrity. As collagen levels rise, the skin becomes more tight and firm, resulting in fewer wrinkles. The high-frequency ultrasound beams target a specific tissue spot under the skin's surface to ensure that the upper layers of the skin and adjacent regions are unaffected. The personal suitability of HIFU may vary among individuals. The procedure is most effective for individuals aged > 30 years who have mild-to-moderate skin laxity. Individuals with photodamaged skin or a significant level of skin laxity may need many therapies prior to showing any visible findings.

First, a physician or technician cleansed the specific area and might use a topical anesthetic cream prior to the procedure, followed by the application of an ultrasound gel. The HIFU apparatus was positioned in direct contact with the skin. The physician or technician adjusted the apparatus to the suitable configuration utilizing an ultrasound viewer. The target area was then subjected to short pulses of ultrasound energy for 30–90 min, next the device was removed. During the application of ultrasound energy, patients might experience heat and tingling. They consumed painkillers if it was necessary. They immediately returned home and continued their regular daily routines following the session. Full outcomes are often seen three months following the completion of the last treatment [13].

Double chin exercises**Straight jaw jut**

Patients angled their heads backward and looked upwards at the ceiling. They protruded their jaws forward to perceive a stretch beneath the chin, retaining for 10 s. Finally, they relaxed their jaws and repositioned the head to a neutral position.

Ball exercise

Patients positioned a 9–10 inch ball beneath their chin and pressed their chin down against the ball and repeated this many times daily.

Pucker up

Patients looked at the ceiling with their heads inclined slightly backward, contracting their lips as if they were kissing the ceiling to stretch the region below their chin.

Finally, they stopped the puckering and returned their heads to the original position.

Tongue stretch

Patients looked straight ahead, sticking their tongues out as far as they could. They lifted their tongues upward and toward their nose and held for 10 s, then released.

Neck stretch

Participants sloped their heads backward and looked at the ceiling. They applied pressure with their tongues against the mouthroof, holding for 5–10 s, and then released.

Bottom jaw jut

Participants sloped their heads backward and looked at the ceiling, then turned their heads to the right. They slid their bottom jaws forward, held for 5–10 s and released. This process was repeated with the head facing left [14].

Statistical analysis

Data analysis was conducted utilizing SPSS, version 23.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). The quantitative data are presented as mean ± standard deviation and ranges when their distribution was parametric (normal), while non-normally distributed variables (non-parametric data) are presented as median with an interquartile range (IQR). Furthermore, qualitative variables are presented as numbers and percentages. Data normality was assessed via the Kolmogorov — Smirnov and Shapiro — Wilk Tests.

Independent-sample *t*-test of significance was deployed to compare between two means. A paired sample *t*-test of significance was utilized for the comparison of related samples. The mean difference was employed to calculate the mean improvement post-intervention, which equals the variance between the second and the first readings. Percentage change was deployed to determine the percentage of improvement post-intervention, which equals the variation between second — first reading/first reading × 100. The confidence interval was adjusted to 95 %, and the margin of error accepted was adjusted to 5 %. $p \leq 0.05$, $p \leq 0.001$, and $p > 0.05$ indicated significance, high significance, and no significance.

RESULTS AND DISCUSSION**Subject characteristics**

The findings manifested no significant variances between groups in age, BMI, and sex distribution ($p > 0.05$) (Table 1).

Between-group comparison

Statistically significant lower mean values of BMI, hormonal changes (cortisol level), submental fat, and sleep apnea Apnea-Hypopnea Index (AHI) were observed at post-intervention in group A than in group B ($p < 0.001$) (Tables 2–5). A statistically significant higher mean value of the weight impact on quality of life was found at post-intervention in group A than in group B ($p < 0.001$) (Table 6).

This study suggests that receiving 36 sessions of HIFU (3 sessions/week/12 weeks), integrated with double chin exercises, significantly impacts sleep quality measurements in obese double-chin women. This finding was consistent with Bove T. et al. [15], revealing that HIFU transducers distribute ultrasound waves evenly throughout several

Table 1. Subject characteristics

	Group A (n = 30)	Group B (n = 30)	Test value	p-value	Significant
Age (years)					
Mean ± SD	43.33 ± 4.22	41.80 ± 4.82	1.310	0.195	NS
Range	35–50	35–50			
Weight (kg)					
Mean ± SD	92.13 ± 5.76	93.32 ± 7.40	0.027	0.762	NS
Range	85–105	81–106			
Height (cm)					
Mean ± SD	165.47 ± 5.75	166.23 ± 5.85	0.262	0.611	NS
Range	155–175	158–179			

Note: NS — non significant; SD — standard deviation; p — value, probability value.

Table 2. Body mass index comparison between groups

BMI	Group A	Group B	Unpaired t-test	p-value	Significant
Pre-intervention					
Mean ± SD	33.71 ± 2.32	33.34 ± 1.79	0.462	0.500	NS
Range	30.04–37.2	30.12–37.66			
Post-intervention					
Mean ± SD	28.95 ± 1.58	31.42 ± 1.54	7.537	0.001	HS
Range	26.33–31.64	28.34–34.37			

Note: SD — standard deviation; NS — non-significant.

Table 3. Hormonal changes (cortisol level) comparison between groups

Hormonal	Group A	Group B	Unpaired t-test	p-value	Significant
Pre-intervention					
Mean ± SD	39.29 ± 3.87	39.97 ± 7.08	0.457	0.649	NS
Range	29.6–47.9	30–50			
Post-intervention					
Mean ± SD	15.36 ± 3.71	37.83 ± 7.01	15.51	0.001	HS
Range	7.9–21.1	28–50			

Note: SD — standard deviation; NS — non-significant.

Table 4. Submental fat scale comparison between groups

Submental fat scale	Group A	Group B	Unpaired t-test	p-value	Significant
Pre-intervention					
Mean ± SD	3.10 ± 0.84	3.40 ± 0.50	-1.675	0.099	NS
Range	1–4	3–4			
Post-intervention					
Mean ± SD	0.60 ± 0.62	2.63 ± 0.72	-11.724	0.001	HS
Range	0–2	21–4			

Note: SD — standard deviation; NS — non-significant.

Table 5. Sleep apnea Apnea-Hypopnea Index comparison between groups

Assessment of sleep apnea AHI	Group A	Group B	Unpaired t-test	p-value	Significant
Pre-intervention					
Mean ± SD	20.93 ± 8.49	22.03 ± 4.62	-0.624	0.535	NS
Range	51–30	15–30			
Post-intervention					
Mean ± SD	7.90 ± 5.25	19.87 ± 5.78	-8.394	0.001	HS
Range	0–15	10–29			

Note: SD — standard deviation; NS — non-significant.

Table 6. Impact of weight on quality of life comparison between groups

Impact of weight on quality of life	Group A	Group B	Unpaired t-test	p-value	Significant
Pre-intervention					
Mean ± SD	59.50 ± 12.58	53.03 ± 13.64	1.081	0.315	NS
Range	45–75	41–69			
Post-intervention					
Mean ± SD	91.50 ± 6.32	52.87 ± 11.58	16.037	0.001	HS
Range	75–100	30–70			

Note: SD — standard deviation; NS — non-significant.

АХМЕД Н.Т.М. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

layers of skin and bodily tissues without making direct contact with the epidermis. Ultraformer III features several thermal energy-generating cartridges, which maintain consistent temperatures of 65–75 °C to stimulate coagulation for collagen regeneration in the face and tighten body tissues for shaping waistlines, thighs, and other body parts [16]. Our results corroborate the findings of Arora G. and Shirolikar M. [17], which have revealed that the examination of the micro-focused ultrasound apparatus impacts the lower face area of 103 adults. Among 93 patients who participated in this trial, 65.6 % expressed satisfaction with the outcomes evaluated by blinder viewers, and 58.1 % of patients demonstrated improvement. Ultrasound devices preserve the integrity of the epidermis while delivering thermal energy to the dermis. The epidermis mitigating damage reduces negative consequences such as bruising, pain, and blisters. Heat-induced dermis injury triggers novel collagen production, resulting in skin tightening [18].

Additionally, preliminary results indicate that HIFU can effectively reduce the frequency and intensity of snoring. Studies suggest that patients experience significant improvements in sleep quality and a reduction in snoring episodes post-treatment [19]. The study of Azuelos A. et al. [20] described a prospective study including 20 patients who received a series of HIFU treatments. The HIFU outcomes were assessed employing the adjusted FACE-Objective Assessment Scale and the subjective Investigator Global Improvement Assessment Scale (IGIAS — 1 to 3). A group of five blind evaluators examined the results of the procedure by analyzing images captured prior to and post the procedure. They documented side

impacts and assessed the pain utilizing a visual analog scale ranging from 0–10. Significant clinical improvements, including enhanced cervicoment angle definition, were identified in the treated regions. Four out of five evaluators found that the pre-and post-therapy assessment ratings for double chin and skin laxity showed considerable improvement. Within the IGIAS score range, two patients scored 1–5, seven patients scored 6–10, and 11 patients scored 11–15. Moreover, no patients had a score ranging from 5 to 0, and no significant issues were documented.

Weight loss with a balanced diet and regular exercise can assist in lowering overall body fat, including fat stored under the chin [21]. For some individuals with mild submental fullness, this may be sufficient to achieve the desired improvement [22]. The HIFU is extensively utilized for skin regeneration and tightening, so our objective was to determine the HIFU’s safety and effectiveness in rejuvenating the face and neck [23]. The study of Berg E. [24] has revealed that a double chin is typically linked to weight gain and develops when extra fat accumulates around the chin area; they discovered how you can lose chin fat with six simple double chin exercises and learned how a low-carb diet helps get rid of excess fat and saggy skin.

HIFU is alternatively referred to as focused ultrasound surgery (FUS), which is designed to manage neuropathic pain, uterine fibroids, and malignancies of the prostate, bone, breast, liver, kidney, and testes [25]. This approach attempts to maintain a high quality of life for the patient [26]. The study of Salsi B. et al. [27] suggested that at the 12-week follow-up after the final therapy, the mean submental fat and laxity scores showed a significant reduction from baseline ($p < 0.01$).

Contini M. et al. [28] reported that among the 693 studies that were found, only 16 were eligible, and all of them had exclusively female participants. Brow lifts (0.47–1.7 mm) and submental lifts (defined as a 26–45 mm² decrease in the submental area on lateral photos) measurements have shown that MFU could tighten the skin. Faetani L. et al. [29] suggested that while exercise can strengthen muscles around the neck and jaw, it does not specifically target fat in these areas. Understanding the unique nature of subcutaneous fat distribution in the neck and chin underscores the challenges in spot reduction.

Among adults, obesity is considered a risk factor for snoring and OSA and a major determinant for treatment choices in snoring with or without OSA [30]. Therefore, it is important to study obesity as part of the general characteristics of snoring patients in particular. The prevalence of obesity is a well-studied subject in the general communities [31].

The current research has some limitations that must be observed. First, since only females were involved

in this study, the results cannot be generalized to all populations. Second, the current study only looked at people between 35 and 50 years old. It needs to be found out if similar results can be found in younger and older groups. Third, the current study only included people with a BMI between 30–39.9 kg/m². It needs to include people with BMI < 30 kg/m² and > 40 kg/m². Fourth, the extended follow-up period and know the paucity of trustworthy research on the impact of HIFU on sleep quality measurements.

CONCLUSION

HIFU improves sleep quality measures. Additionally, HIFU can be an alternate therapy to be employed in integration with exercises. More studies with bigger sample sizes must evaluate the long-term consequences of HIFU on sleep quality measurements in obese doubledchin women. Further studies are recommended to measure thyroid function tests. Other studies include subjects with severe obesity BMI > 40 kg/m².

ADDITIONAL INFORMATION

Nahla Tharwat Moussa Ahmed, Assistant Lecturer of Physical Therapy, Department of Cardiovascular /Respiratory Disorder and Geriatrics, Faculty of Physical Therapy, Cairo University.

E-mail: nahlatharwat1@cu.edu.eg;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5473-048X>

Hany Ezzat Obaya, Professor of Physical Therapy, Department of Cardiovascular /Respiratory Disorder and Geriatrics, Faculty of Physical Therapy, Cairo University.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7493-4541>

Azza Abd Elaziz Abd Elhadi, Professor of Physical Therapy, Department of Cardiovascular /Respiratory Disorder and Geriatrics, Faculty of Physical Therapy, Cairo University.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6934-1626>

Ahmed Elsayed Saad, Lecturer of Medical Biochemistry and Molecular Biology Faculty, Faculty of Medicine, Consultant Hematology and Oncology, Cairo University Hospitals, Cairo University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1124-7282>

Akram Abdelaziz, Assistant Professor of Physical Therapy, Department of Cardiovascular /Respiratory Disorder and Geriatrics, Faculty of Physical Therapy, Cairo 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: Ahmed N.T.M. — methodology, writing — original draft, writing — review & editing, data curation, investigation software; Obaya H.E. — visualization, validation; Abd Elhadi A.A.E. — formal analysis; Saad A.E. — supervision; Abdelaziz A. — conceptualization.

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 Local Ethics Committee of Cairo University, Protocol No. P.T.REC/012/004481 dated 12.03.2023.

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.

References

- Hojjat T.A. The Magnitude of Obesity, Strategies, and Interventions. *European Journal of Science, Innovation and Technology*. 2024; 4(4): 56–65.
- Fulton M., Dadana S., Srinivasan V.N. Obesity, stigma, and discrimination. *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing; 2023.
- Mohamed A.A., Shousha W.G., Zaki M.E., et al. Inflammatory and endothelial dysfunction indices among Egyptian females with obesity classes I–III. *Biosci Rep*. 2020; 40(9): BSR20192910. <https://doi.org/10.1042/BSR20192910>
- Shahin H. Putting the puzzle pieces together: Identifying gaps and highlighting assets for public and private entities to develop obesity programs and direct best practices in Egypt. *Glob J Community Psychol Pract*. 2020; 11(1).
- Lopez-Jimenez F, Almahmeed W, Bays H, et al. Obesity and cardiovascular disease: mechanistic insights and management strategies. A joint position paper by the World Heart Federation and World Obesity Federation. *European journal of preventive cardiology*. 2022; 29(17): 2218–2237. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwac187>
- Khand P., Feng B. The association of obesity with type 2 diabetes: A review. *Int J Sci Invent Today*. 2020; 9: 61–74.
- Cheng H., Zhu X., He Y., et al. Efficacy and influencing factor analysis of high-intensity focused ultrasound therapy for abdominal wall endometriosis: a case series. *Int J Hyperthermia*. 2024; 41(1): 2320416. <https://doi.org/10.1080/02656736.2024.2320416>
- Aşiran Serdar Z., Aktaş Karabay E., Tatlıparmak A., et al. Efficacy of high-intensity focused ultrasound in facial and neck rejuvenation. *J Cosmet Dermatol*. 2020; 19(2): 353–358. <https://doi.org/10.1111/jocd.13008>

9. Dixon A.E., Peters U. The effect of obesity on lung function. *Expert Rev Respir Med.* 2018; 12(9): 755–767. <https://doi.org/10.1080/17476348.2018.1506331>
10. Shah N.M., Kaltsakas G. Respiratory complications of obesity: from early changes to respiratory failure. *Breathe.* 2023; 19(1): 220263. <https://doi.org/10.1183/20734735.0263-2022>
11. Aboulghate M., Elaghoury A., Elebrashy I., et al. The burden of obesity in Egypt. *Frontiers in public health.* 2021; 9: 718978. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.718978>
12. Tsaban G., Bilitzky-Kopit A., Yaskolka Meir A et al. The Effect of Weight-Loss Interventions on Cervical and Chin Subcutaneous Fat Depots; the CENTRAL Randomized Controlled Trial. *Nutrients.* 2021; 13(11): 3827. <https://doi.org/10.3390/nu13113827>
13. Cafasso J. Can High-Intensity Focused Ultrasound Treatment Replace Face Lift. *Shape of You.* Feb. 4, 2019. Available at: <https://shapeofyoustl.com/f/can-high-intensity-focused-ultrasound-treatment-replace-face-lift> (Accessed: 30.08.2024).
14. McDermott A. How Can I Get Rid of My Double Chin? *Healthline.* 2024. Available at: <https://www.healthline.com/health/how-to-get-rid-of-double-chin> (Accessed: 30.08.2024).
15. Bove T., Zawada T., Serup J., et al. High-frequency (20-MHz) high-intensity focused ultrasound (HIFU) system for dermal intervention: Preclinical evaluation in skin equivalents. *Skin Res Technol.* 2019; 25(2): 217–228. <https://doi.org/10.1111/srt.12661>
16. Ultraformer III. How it works — the science behind ultraformer III. Available at: <https://ultraformer.com/ultraformer-%E2%85%A2/how-it-works/> (Accessed: 30.08.2024).
17. Arora G., Shirolikar M. Tackling submental fat—A review of management strategies. *Cosmoderma.* 2023; 3. https://doi.org/10.25259/CSDM_57_2023
18. Oh S., Rhee D.Y., Batsukh S., et al. High-Intensity Focused Ultrasound Increases Collagen and Elastin Fiber Synthesis by Modulating Caveolin-1 in Aging Skin. *Cells.* 2023; 12(18): 2275. <https://doi.org/10.3390/cells12182275>
19. Zheng Q, Xia B, Huang X., et al. Nanomedicines for high-intensity focused ultrasound cancer treatment and theranostics(Review). *Exp Ther Med.* 2023; 25(4): 170. <https://doi.org/10.3892/etm.2023.11869>
20. Azuelos A., SidAhmed-Mezi M., La Padula S., et al. High-intensity focused ultrasound: a satisfactory noninvasive procedure for neck rejuvenation. *AesthetSurg J.* 2019; 39(8): 343–351. <https://doi.org/10.1093/asj/sjz093>
21. Ruiz-Castellano C, Espinar S, Contreras C., et al. Achieving an optimal fat loss phase in resistance-trained athletes: A narrative review. *Nutrients.* 2021; 13(9): 3255. <https://doi.org/10.3390/nu13093255>
22. Atencio D. Get Rid Of Your Double Chin (Effective Non-Surgical & Surgical Options). *Westlake Dermatology & Cosmetic Surgery.* Dec. 27, 2023. Available at: <https://www.westlakedermatology.com/blog/double-chin-treatment-options/> (Accessed: 20.08.2024).
23. Ayatollahi A., Gholami J., Saberi M., Hosseini H., Firooz A. Systematic review and meta-analysis of safety and efficacy of high-intensity focused ultrasound (HIFU) for face and neck rejuvenation. *Lasers Med Sci.* 2020; 35:1007–1024. <https://doi.org/10.1007/s10103-020-02957-9>
24. Berg E. 6 Easy Double Chin Exercises. *Dr. Berg.* Apr. 4, 2023 (Accessed: 30.08.2024). Available at: <https://www.drberg.com/blog/6-exercises-for-a-double-chin?srsId=AfmBOorl0v1wGVbJqxgluoCAXtN5WucGcs7E-ivwAFWNf0YQr4P9XMYy>
25. Papalexis N., Parmeggiani A., Peta G., et al. Minimally invasive interventional procedures for metastatic bone disease: a comprehensive review. *Current Oncology.* 2022; 29(6): 4155–4177. <https://doi.org/10.3390/currenco129060332>
26. Kumar A. A Review On High Intensity Focused Ultrasound (HIFU). *Journal of Survey in Fisheries Sciences.* 2023; 10(4): 11–15. <https://doi.org/10.53555/sfs.v10i4.2220>
27. Salsi B, Fusco I. Non-invasive system delivering microwaves energy for unwanted fat reduction and submental skin tightening: clinical evidence. *J Cosmet Dermatol.* 2022; 21(11): 5657–5664. <https://doi.org/10.1111/jocd.15205>
28. Contini M., Hollander M.H., Vissink A., et al. Systematic review of the efficacy of microfocused ultrasound for facial skin tightening. *Int J Environ Res Public Health.* 2023; 20(2): 1522. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021522>
29. Faetani L., Ghizzoni D., Ammendolia A., et al. Safety and efficacy of mesotherapy in musculoskeletal disorders: A systematic review of randomized controlled trials with meta-analysis. *J Rehabil Med.* 2021; 53(4): 1–10. <https://doi.org/10.2340/16501977-2817>
30. Alhedaithy A.A., Aldilajjan K., Alnosair A., et al. Prevalence of Obesity among Adults Visiting Otorhinolaryngology Clinics for Snoring. *Saudi Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery.* 2024; 26(2): 83–87. http://doi.org/10.4103/sjoh.sjoh_77_23
31. Antonaglia C., Passuti G. Obstructive sleep apnea syndrome in non-obese patients. *Sleep and Breathing.* 2022; 26(2): 513–518. <https://doi.org/10.1007/s11325-021-02412-1>

Психофизиологические технологии с биологической обратной связью в реабилитации пациентов после инсульта: рандомизированное контролируемое исследование

 Костенко Е.В.^{1,2},  Котельникова А.В.¹,  Петрова Л.В.^{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. Психофизиологические технологии с биологической обратной связью (БОС) являются перспективным направлением медицинской реабилитации (МР) постинсультных больных.

ЦЕЛЬ. Оценка эффективности включения психофизиологической технологии с БОС в комплексную МР пациентов с ишемическим инсультом (ИИ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Включены пациенты с ИИ в ранний восстановительный период, имеющие легкий или умеренный двигательный дефицит, когнитивную дисфункцию и расстройства эмоционально-волевой сферы. В программу МР пациентов основной группы 1 (ОГ1; $n = 30$) включили психофизиологическую технологию с БОС по бета-ритму электроэнцефалографии (ЭЭГ); пациенты основной группы 2 (ОГ2; $n = 55$) получали психофизиологические тренировки с БОС на основе частоты сердечных сокращений (ЧСС). Пациентам контрольных групп (КГ1, $n = 30$ и КГ2, $n = 30$) проводилась только базовая МР. Для контроля эффективности МР анализировали динамику физиологических показателей (ЧСС, артериальное давление), параметров ЭЭГ, кардиоинтервалографии (КИГ), а также результатов тестирования по Монреальской шкале оценки когнитивных функций (MoCA), опроснику «Самочувствие, активность, настроение» (САН), госпитальной шкале тревоги и депрессии (HADS), тесту «Мотивация достижения успеха» по Т. Элерсу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Проведенный БОС-тренинг по бета-ритму ЭЭГ сопровождался статистически значимым улучшением показателей когнитивного статуса пациентов ОГ1 по MoCA, снижением уровня тревоги и реагирования на внешнее воздействие, что подтверждалось динамикой показателей систолического артериального давления (САД) и ЧСС, а также достижением умеренно высокого уровня мотивации с достоверными отличиями от исходных значений и по сравнению с КГ1 ($p < 0,05$). Курс БОС-тренинга по параметрам ЧСС показал достоверное изменение показателей КИГ, снижение САД и ЧСС у пациентов ОГ2; статистически значимо возросли показатели опросника САН ($p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Включение в комплексную реабилитацию психофизиологической технологии с БОС позволяет повысить эффективность постинсультной когнитивно-двигательной реабилитации, в том числе у больных с высокими сердечно-сосудистыми рисками.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: психофизиологические технологии, биологическая обратная связь, медицинская реабилитация, инсульт

Для цитирования / For citation: Костенко Е.В., Котельникова А.В., Петрова Л.В., Погонченкова И.В., Филиппов М.С. Психофизиологические технологии с биологической обратной связью в реабилитации пациентов после инсульта: рандомизированное контролируемое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):55–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-55-66> [Kostenko E.V., Kotelnikova A.V., Petrova L.V., Pogonchenkova I.V., Filippov M.S. The Psychophysiological Technology with Biofeedback in Complex Rehabilitation of Post-Stroke Patients: a Randomized Controlled Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):55–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-55-66> (In Russ.).]

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

Статья получена: 31.07.2024
Статья принята к печати: 15.11.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

The Psychophysiological Technology with Biofeedback in Complex Rehabilitation of Post-Stroke Patients: a Randomized Controlled Study

 Elena V. Kostenko^{1,2},  Anastasia V. Kotelnikova¹,  Liudmila V. Petrova^{1,*},
 Irena V. Pogonchenkova¹,  Maksim S. Filippov¹

¹ S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Psychophysiological technologies with biofeedback (BFB) are a promising area of in medical rehabilitation (MR) for post-stroke patients.

AIM. To evaluate the effectiveness of the MR-program including psychophysiological technology with BFB for patients with an ischemic stroke (IS).

MATERIALS AND METHODS. The study includes patients in the early recovery period of IS with mild to moderate motor deficits, cognitive dysfunction and emotional-volitional disorders. The complex MR program for the main group 1 patients (MG1, $n = 30$) included psychophysiological BFB-technology based on the beta-rhythm parameters of Electroencephalography (EEG); the main group 2 (MG2) patients ($n = 55$) received psychophysiological trainings with BFB based on heart rate. The patients of the control groups (KG1, $n = 30$ and KG2, $n = 30$) received only standard MR. To control the effectiveness of MR, we analyzed the changes in physiological parameters (HR, blood pressure (BP)), EEG parameters, cardiointervalography (CIG), as well as the results of the Montreal Cognitive Assessment Scale (MoCA), the well-being, activity, and mood questionnaire (WAM), the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS), and the Motivation for Success test according to T. Ehlers.

RESULTS AND DISCUSSION. BFB-training based on the EEG beta rhythm showed a statistically significant improvement in the cognitive status of the patients in MG1 according to the MoCA, a decrease in the level of anxiety and reaction to external influences, which was confirmed by the dynamics of systolic BP (SBP) and HR, as well as the achievement of a moderately high level of motivation with reliable differences from baseline values and compared to Control Group 1 ($p < 0.05$). The course of biofeedback training based on the HR parameters showed a reliable change in the CIG parameters, a decrease in SBP and HR in the patients of MG2; statistically significant increase of the WAM questionnaire parameters ($p < 0.05$).

CONCLUSION. The integration of psychophysiological technology with biofeedback in comprehensive rehabilitation protocols enhances the efficacy of post-stroke cognitive-motor rehabilitation, particularly in patients with high cardiovascular risks.

KEYWORDS: psychophysical technologies, biofeedback, medical rehabilitation, stroke

For citation: Kostenko E.V., Kotelnikova A.V., Petrova L.V., Pogonchenkova I.V., Filippov M.S. The Psychophysiological Technology with Biofeedback in Complex Rehabilitation of Post-Stroke Patients: a Randomized Controlled Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):55–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-55-66> (In Russ.).

* **For correspondence:** Liudmila V. Petrova, E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru, nauka-org@mail.ru

Received: 31.07.2024

Accepted: 15.11.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Психофизиологические технологии с применением биологической обратной связи (БОС) представляют перспективное направление реабилитации пациентов, перенесших инсульт [1]. Современные подходы к реабилитации основываются на биопсихосоциальном принципе: пациент рассматривается не только как объект приложения коррекционных усилий для восстановления утраченных или нарушенных физиологических функций, но и как человек, личность со своими индивидуальными переживаниями, особенностями социального окружения, микро- и макросоциума, нарушенного болезнью привычного течения жизни. Основой психофизиологической реабилитации является нейропластичность, стимуляция которой достигается с помощью упражнений и тренировок, направленных на восстановление когнитивных и моторных навыков. Реабилитационная эффективность систем биологического управления взаимосвязана с тем, что БОС-интерфейс представляет для

человека «физиологическое зеркало», в котором отражаются его внутренние процессы. Взаимодействуя в интерактивном режиме с сигналами БОС, человек учится управлять своим физическим и эмоциональным состоянием, что помогает справляться с последствиями как острого, так и длительного стресса, а также с проявлениями тревожности и депрессии на телесном уровне [2].

К числу психологических последствий инсульта относят нарушения в когнитивной сфере, расстройства тревожно-депрессивного спектра, а также риск возникновения отсроченных признаков психической травмы [3–7], так как внезапность и интенсивность развития эмоциональных реакций соответствуют критериям посттравматического стрессового расстройства. Данные психологические нарушения поддерживают сформировавшиеся двигательные расстройства и влияют на эффективность реабилитационных мероприятий [6, 8–9].

Когнитивные нарушения влияют на утрату трудоспособности, качество жизни и ограничивают возможности

восстановления других нарушенных функций [4, 8–9]. У 83 % выживших после инсульта имеются нарушения хотя бы в одной когнитивной области, у 50 % — в нескольких, через 3 месяца в 71 % случаев сохраняются расстройства в отдельных когнитивных доменах [9]. Распространенность постинсультной деменции составляет 25–41 % и взаимосвязана с социальными факторами, тяжестью и локализацией инсульта [10].

Эмоциональные нарушения у пациентов, перенесших инсульт, представлены депрессивными расстройствами, частота которых в острый период составляет 35 %, в поздний восстановительный период — 31,4 %, в ранний восстановительный период ишемического инсульта (ИИ) — 44,7 % [11]. Имеются данные о распространенности эмоциональных расстройств при ИИ до 60–79 % [5–6].

Распространенность постинсультной усталости варьирует от 30 % до 70 %, негативно влияет на мотивацию к реабилитации, снижает качество жизни больных [7, 12–15].

Апатия, выявляемая у 16–55 % пациентов, сопровождается утратой интереса и мотивации к адаптации в новых условиях функционирования. Больные полностью или частично игнорируют реабилитационные мероприятия, становятся безынициативны, не испытывают потребности взаимодействия с окружающей средой и участия в социальной жизни [16].

Нарушения в двигательной сфере, обусловленные изменением ответа тела на контролируемые действия для поддержания физиологического паттерна ходьбы с сохранением равновесия и стабильности, часто отягощаются кинезиофобическими реакциями [17–18]. Исследования, посвященные преодолению ограничительного поведения в ходе двигательной реабилитации, подчеркивают важность такой психологической переменной, как самоконтроль [19–20].

Таким образом, основными точками приложения коррекционных усилий при использовании психофизиологических технологий с применением метода БОС являются психофизиологическое состояние пациентов после инсульта, когнитивный статус и эмоционально-мотивационная сфера.

ЦЕЛЬ

Оценка эффективности комплексной медицинской реабилитации (МР) с применением психофизиологической технологии с БОС у пациентов, перенесших ИИ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании участвовали пациенты с ИИ, проходившие амбулаторную МР на базе ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого» Департамента здравоохранения города Москвы.

Психофизиологическая технология с БОС реализовывалась с помощью аппаратно-программного комплекса «Нейрон-Спектр-5» («Нейрософт», Россия)¹.

¹ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 1379н от 28.12.2020 «Об утверждении перечня оборудования для оснащения и переоснащения медицинских организаций при реализации региональных программ модернизации первичного звена здравоохранения»

В качестве обратной связи использовались параметры электроэнцефалографических сигналов (ЭЭГ-сигналов) с направленностью на активацию (БОС-тренинг по бета-ритму), тренинг по частоте сердечных сокращений (ЧСС) и электромиографии (ЭМГ) [1–2]. Распределение пациентов в одну из групп БОС-тренинга проводилось методом случайных чисел. Психофизиологическая технология с БОС на основе параметров ЭЭГ-сигнала осуществлялась 60 пациентам; 85 пациентам проводился психофизиологический тренинг с БОС по ЧСС.

Все пациенты, включенные в исследование, подписали согласие на участие. Критерии включения: ранний восстановительный период первичного ИИ, возраст 45–75 лет, легкие и умеренные двигательные нарушения (мышечная сила паретичной конечности 3–4 балла по шкале Комитета медицинских исследований (Medical Research Council Scale — MRCS); спастичность ≤ 2 баллов по модифицированной шкале Эшворта (Modified Ashworth Scale — MAS), сохранность когнитивной функции по Монреальской шкале оценки когнитивных функций (MoCA) > 20 баллов, отсутствие значимой тревоги и депрессии < 11 баллов по госпитальной шкале тревоги и депрессии (HADS).

Все пациенты получали стандартную программу МР (индивидуальная лечебная гимнастика, магнитотерапия, массаж паретичных конечностей) и базовую терапию основного и сопутствующих заболеваний в соответствии с действующими стандартами и клиническими рекомендациями. Продолжительность курса МР составила 15 сеансов, 3 раза в неделю; длительность визита пациента в клинику составляла 2–3 часа.

Психофизиологическая технология с обратной связью на основе параметров ЭЭГ-сигнала

В исследование включено 60 пациентов с давностью перенесенного инсульта $62,3 \pm 5,8$ дней; из них 26 женщин (43,3 %), 34 мужчины (56,7 %); средний возраст составил $58,2 \pm 4,8$ лет. Пациентов методом случайных чисел распределили в две группы: основную (ОГ1, $n = 30$) и контрольную (КГ1, $n = 30$). Пациенты групп исследования были сравнимы по возрасту, полу и клиническим проявлениям. Все пациенты получали базовый комплекс реабилитации, направленный на восстановление дисфункции кисти и статолокомоторных нарушений, проводимых последовательно в течение одного визита (лечебная физкультура, физиотерапия, массаж). Программа МР пациентов ОГ1 дополнялась психофизиологической технологией с БОС по бета-ритму головного мозга.

Каждому участнику исследования индивидуально определялась стратегия повышения мощности и поддержания бета-ритма головного мозга при мышечном расслаблении. Пороговые значения бета-ритма устанавливались с флюктуациями не менее 30 %. Тренинг БОС по бета-ритму проводился в состоянии бодрствования с открытыми глазами, использовались биполярный монтаж электродов в отведении Fz-Cz (международная система «10–20») и свободный электрод на мочке уха участников. Продолжительность тренинга составила 15 минут, 3 раза в неделю, всего 15 сеансов.

Протокол тренинга автоматически фиксировал динамику бета-ритма мозга и оценивал эффективность попыток пациента в текущем сеансе БОС-тренинга. Курс

состоял из 15 сеансов, проводился после базового комплекса реабилитации.

У всех пациентов исходно (контрольная точка T0), на 7-м сеансе (контрольная точка T1) и после курса МР (контрольная точка T2) оценивались текущее психофизиологическое состояние, когнитивный статус, эмоционально-мотивационная сфера.

Для определения физиологического состояния пациента с помощью кардиофлэшки «ECG Dongle» (ЗАО «Нордавинд», Россия) регистрировали электрокардиограмму (ЭКГ) с оценкой ЧСС, сегмента ST, а также измеряли систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД соответственно) до и после сеансов.

Когнитивный статус пациентов изучался с помощью шкалы MoCA [21]. Эмоционально-мотивационная сфера исследовалась с помощью психодиагностического опросника «Методика мотивации к успеху» (Т. Элерс) [22] и шкалы HADS [23].

Опросником «Методика мотивации к успеху» оценивали выраженность одной из двух ведущих мотивационных тенденций: ориентацию на достижение успеха (чем более ориентирован человек на достижение успеха, тем увереннее он движется к цели, тем скорее решит поставленные задачи и достигнет результата). Низкая мотивация достижения успеха соответствовала результату от 1 до 10 баллов, средний уровень — от 11 до 16, умеренно высокий — от 17 до 20, чрезмерно высокий — выше 21 балла.

Психофизиологическая технология БОС по ЧСС

В исследовании приняли участие 85 пациентов в ранний восстановительный период ИИ в возрасте $53,0 \pm 2,1$ года. Среди них было 49,4 % женщин и 50,6 % мужчин. Они были распределены случайным образом в основную (ОГ2, $n = 55$) и контрольную (КГ2, $n = 30$) группы генератором случайных чисел. Группы были эквивалентны по возрасту, полу и клиническим характеристикам ($p > 0,05$).

Пациентам в ОГ2 был назначен курс МР, включавший базовые реабилитационные мероприятия (лечебная физкультура, физиотерапия, массаж) и тренировки аппаратного биоуправления: 20-минутные ЧСС-тренировки в игровых режимах и ЭМГ-БОС на комплексе «Нейрон-Спектр-5», проводившиеся 3 раза в неделю, всего 15 сеансов. В КГ2 пациентам назначалась только базовая МР с аналогичной периодичностью: 3 раза в неделю, 15 сеансов. Обследование проводилось до (T0) и после (T1) реабилитации с оценкой психофизиологического состояния, когнитивных функций и эмоционально-мотивационной сферы.

ЧСС-тренировки в игровых режимах проводятся под руководством инструктора, который после объяснения цели тренировки (с помощью дыхания, мышечной релаксации, визуализации и эмоционального настроения стараться снизить ЧСС относительно исходных значений) знакомит пациента с оборудованием и игровым интерфейсом. После фиксации кардиодатчика (кардиопояса) пациент усаживается в кресло, в течение 5 минут адаптируется к окружающей среде. За это время врач настраивает выбранную игру («Рыбка», «Воздушный шар» или «Звездолет») и параметры тренинга. Цель игры — путешествие какого-либо объекта, управляемого пациентом (например, воздушный

шар), и преодоление им заданного пути. Достижение определенной цели возможно при поддержании заданного уровня ЧСС (как правило, это 60 ударов в минуту). Траектория пути отображается в верхнем левом углу экрана. В нижней части дисплея выводится гистограмма ЧСС с ограничительной красной линией заданного уровня ЧСС. В ходе БОС-терапии пациент саморегулирует показатели ЧСС в пределах выбранного диапазона.

Для оценки эффективности изучаемой технологии анализировали динамику клинических симптомов, кардиоинтервалографии (КИГ) по ЭКГ. Эмоционально-мотивационная сфера изучалась при помощи опросника «Самочувствие, активность, настроение» (САН) [24].

Статистика

Для математико-статистической обработки использовались программный пакет «Статистика 12.0» и аналитические функции программы Microsoft Office Excel. В рамках исследования проводился анализ данных с помощью описательной статистики (вычислялись среднее значение и стандартная ошибка среднего). Оценивались статистически значимые различия в процентной представленности бинарного признака в независимых группах с использованием критерия Фишера, а также различия в уровнях количественного признака для связанных и независимых групп с помощью *T*-критерия Стьюдента. Статистическая значимость определялась при значении $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты использования технологии психофизиологической коррекции с БОС на основе параметров ЭЭГ-сигнала

Динамика показателей, отражающих психофизиологическое состояние пациентов за период МР с использованием психофизиологического ЭЭГ-БОС-тренинга по бета-ритму представлена в таблице 1.

В норме бета-активность частотой от 14–30 Гц и амплитудой 5–30 мкВ, присущая состоянию бодрствования человека, наиболее выражена в лобных областях и при нагрузке распространяется на весь мозг. При умственном напряжении, эмоциональном возбуждении, решении вербальных задач индекс бета-ритма возрастает. Нарушение концентрации внимания связано с уменьшением мощности бета-ритма и изменением его зонального распределения [25]. Исходно у пациентов обеих групп регистрировался десинхронный тип ЭЭГ с диффузной представленностью бета-активности по всем отведениям и низкой мощностью альфа-ритма в затылочных отведениях. По завершении БОС-тренинга по бета-ритму у пациентов ОГ1 к 15-му сеансу наблюдалась синхронизация корковых ритмов, сопровождаемая увеличением мощности альфа-ритма в затылочной области и устойчивостью бета-ритма в центральных и лобных областях мозга ($p < 0,05$). У пациентов КГ1 наблюдали разнонаправленность изменений; сохранялись десинхронный тип ЭЭГ, доминирование диффузной бета-активности высокой частоты и ослабление мощности альфа-ритма в затылочных областях ($p > 0,05$). При анализе межгрупповых различий выявлено значимое нарастание мощности бета-ритма у пациентов ОГ1 в сравнении с КГ1 ($p = 0,002$), что может

Таблица 1. Динамика физиологических параметров при психофизиологическом тренинге по бета-ритму, $M \pm m$
Table 1. Changes in physiological parameters during psychophysiological training based on the beta rhythm, $M \pm m$

Корректируемый показатель / Adjusted parameter	Визиты / Visits		p (T0-T2)
	T0	T2	
Основная группа 1 (n = 30) / Main group 1 (n = 30)			
САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg	135,6 ± 3,1	126,0 ± 3,6*	0,048
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg	83,6 ± 2,3	80,9 ± 2,5	0,43
ЧСС, уд./мин / heart rate, rpm	72,5 ± 1,2	64,4 ± 1,4*	0,00007
ЭЭГ (мощность), % / EEG (power), %	48,2 ± 3,8	72,2 ± 2,5*	0,00002
Контрольная группа 1 (n = 30) / Control group 1 (n = 30)			
САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg	136,3 ± 3,1	130,0 ± 3,5	0,2
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg	85,0 ± 2,2	83,5 ± 2,4	0,45
ЧСС, уд./мин / heart rate, rpm	76,5 ± 1,2	66,0 ± 1,5*	0,0000
ЭЭГ (мощность), % / EEG (power), %	48,4 ± 3,5	57,2 ± 2,9	0,057

Примечание: * — $p < 0,05$, различия по сравнению с исходными показателями; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ЭЭГ — электроэнцефалография; T0 — исходно; T2 — по завершении курса реабилитации (15 сеансов).

Note: * — $p < 0.05$, the significance of differences compared with baseline values; SBP — systolic blood pressure; DBP — diastolic blood pressure; heart rate — the number of heart contractions; EEG — electroencephalography; T0 — initially; T2 — at the end of the rehabilitation (15 sessions).

свидетельствовать об активации коры головного мозга и повышении возможностей к сосредоточению и усвоению информации.

Кумулятивный эффект, накопленный в результате проведения 15 сеансов нейробиоправления у пациентов ОГ1, привел к изменениям депрессорных механизмов регуляции системы кровообращения, адаптационному взаимодействию отделов вегетативной нервной системы, что подтверждается статистически значимой стабилизацией показателей сердечного ритма и нормализацией САД ($p < 0,05$), а также тенденцией к стабилизации ДАД ($p > 0,05$) у пациентов ОГ1. У пациентов КГ1 под влиянием психофизиологической тренировки наблюдали стабилизацию САД ($p > 0,05$) и снижение ЧСС ($p < 0,05$) (табл. 1).

При этом в ОГ1 значимое улучшение САД (снижение на 10 мм рт. ст.) отмечено у 63,3 % пациентов, ДАД (снижение на 5 мм рт. ст.) — в 53,3 % случаев. В КГ1 эти показатели составили 46,6 % и 33,3 % соответственно (дельта между ОГ и КГ составила +3,33).

Применение психофизиологических тренингов с БОС по бета-ритму мозга существенно улучшило когнитивное состояние и снизило уровень тревожности в текущем эмоциональном состоянии пациентов группы ОГ1 ($p < 0,05$) (табл. 2). При исходной оценке когнитивных функций умеренные когнитивные нарушения выявлены у 40 (66,6 %) пациентов со средним баллом по шкале MoCA 22,8 ± 1,3 для пациентов ОГ1 и 23,4 ± 1,2 для пациентов КГ1.

К 7-му сеансу нейробиоправления у пациентов ОГ1 наблюдалось быстрое вработывание и достижение эффективности выполнения задания с изменением пороговых величин, а также сокращалось время выполнения попыток овладения навыками саморегуляции текущего психофизиологического состояния, средний балл

по шкале MoCA составил 26,0 ± 1,5, по шкале HADS (тревога) — 6,8 ± 1,2. Под влиянием комплексной реабилитационной программы с включением технологий БОС отмечалась достоверная положительная динамика показателей когнитивных функций у пациентов ОГ1 с достижением нормальных значений 26,6 ± 1,2 к концу МР ($p < 0,05$). У пациентов ОГ1 к завершению исследования отмечались уменьшение внутреннего напряжения, тревожности и психомоторного беспокойства, динамика показателей по разделу «тревога» шкалы HADS стала статистически значимой (с 10,1 ± 1,5 до 6,6 ± 1,2 балла; $p < 0,05$). К окончанию исследования наблюдалось улучшение показателей когнитивного статуса и эмоционального состояния и у пациентов КГ1, однако необходимая для достижения уровня доказательности степень статистической достоверности достигнута не была ($p > 0,05$) (табл. 2).

Значимые результаты получены при исследовании эмоционально-мотивационной сферы личности. Исходно выраженность мотивационной тенденции к достижению успеха, по данным теста Элерса, у пациентов как ОГ1, так и КГ1 соответствовала границе среднего и умеренно высокого уровня значений (16,2 ± 3,1 и 16,3 ± 2,1 балла соответственно). Уже к 7-му сеансу у пациентов ОГ1 статистически значимо повышался уровень выраженности мотивации к достижению успеха (18,6 ± 2,3 по сравнению с 16,2 ± 3,1 баллами). По завершении курса психофизиологической коррекции у пациентов ОГ1 отмечено достижение умеренно высокого уровня мотивации с достоверными отличиями ($p \leq 0,05$) от исходных данных и показателей КГ1. В КГ1 не было зафиксировано статистически значимого роста уровня мотивации по сравнению с исходными показателями (17,5 ± 2,6 и 16,3 ± 2,1 балла соответственно).

Таблица 2. Динамика показателей когнитивного и эмоционального статуса при психофизиологическом тренинге с биологической обратной связью по бета-ритму, $M \pm m$
Table 2. Changes in parameters of cognitive and emotional status during psychophysiological training with biofeedback based on the beta rhythm, $M \pm m$

Корректируемый показатель, баллы / Adjusted parameter, scores	Визиты / Visits			p (T0-T2)
	T0	T1	T2	
Основная группа 1 (n = 30) / Main group 1 (n = 30)				
Когнитивный статус (MoCA) / Cognitive status (MoCA)	22,8 ± 1,3	26,0 ± 1,5	26,6 ± 1,2	0,035*
Тревога (HADS) / Anxiety (HADS)	10,1 ± 1,5	6,8 ± 1,2	6,6 ± 1,2	0,05*
Депрессия (HADS) / Depression (HADS)	9,7 ± 1,8	8,3 ± 2,3	6,9 ± 2,4	0,30
Мотивация достижения успеха (тест Элерса) / Motivation for success (Ehlers' test)	16,2 ± 3,1	18,6 ± 2,3	20,2 ± 1,6	0,05*
Контрольная группа 1 (n = 30) / Control group 1 (n = 30)				
Когнитивный статус (MoCA) / Cognitive status (MoCA)	23,4 ± 1,2	25,6 ± 1,2	25,8 ± 1,2	0,07
Тревога (HADS) / Anxiety (HADS)	9,7 ± 1,0	8,6 ± 1,1	7,7 ± 1,7	0,68
Депрессия (HADS) / Depression (HADS)	9,6 ± 1,1	8,7 ± 1,2	7,4 ± 1,5	0,65
Мотивация достижения успеха (тест Элерса) / Motivation for success (Ehlers' test)	16,3 ± 2,1	16,9 ± 2,4	17,5 ± 2,6	0,84

Примечание: * — $p < 0,05$, значимость различий показателей на визите T2 по сравнению с исходными данными; T0 — исходно; T1 — середина курса реабилитации (7 сеансов); T2 — по завершении курса реабилитации (15 сеансов); MoCA — Монреальская шкала оценки когнитивных функций; HADS — госпитальная шкала тревоги и депрессии.

Note: * — $p < 0.05$, the significance of the differences compared T2 to the initial indicators; T0 — baseline; T1 — the middle of the rehabilitation (7 sessions); T2 — the end of the rehabilitation (15 sessions); MoCA — Montreal Cognitive Assessment; HADS — Hospital Anxiety and Depression Scale.

Психофизиологические тренировки с использованием БОС по параметрам ЧСС

Была проанализирована вариабельность сердечного ритма по ЭКГ (анализ динамического ряда кардиоинтервалов — КИГ) у пациентов ОГ2 и КГ2. Данные КИГ показали, что у пациентов ОГ2 ($2,2 \pm 0,8$ мс) и КГ2 ($2,1 \pm 0,8$ мс) исходно наблюдалось снижение коэффициента соотношения мощностей спектра (LF/HF, LF — низкочастотная мощность, HF — высокочастотная мощность). Это указывает на уменьшение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы, низкий уровень стрессоустойчивости организма в целом и истощение вегетативной регуляции. Повышенные начальные показатели VLF (VLF — относительная мощность очень медленных волн) у пациентов ОГ2 и КГ2 составили 1566 ± 205 мс² и 1599 ± 199 мс, это подчеркивает напряженность механизмов адаптации после ИИ. При оценке общей мощности спектра (TP), которая отражает совокупное влияние всех уровней регуляции на сердечный ритм, выявлено снижение адаптационных механизмов у пациентов обеих групп до начала реабилитации (табл. 3). Таким образом, во всех группах были обнаружены признаки стресса, дезадаптации вегетативной системы и снижения функциональных резервов организма. Отмечалась диссоциация показателей мощ-

ности волн: низкая общая (TP) на фоне высоких значений LF и VLF, что свидетельствует о преобладании влияния симпатической системы до начала курса МР.

При включении технологии биоуправления в реабилитационный комплекс у пациентов ОГ2 было выявлено значительное улучшение функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Обнаружено изменение показателей КИГ, снижение САД и ЧСС, что определяло переход большей части пациентов ОГ2 в группу эутонии по сравнению с пациентами КГ2 (табл. 4). Кроме того, у пациентов ОГ2 наблюдалось снижение вольтажа фронтальной мышечной группы на среднем уровне 2 мВ, что подтверждалось данными ЭМГ ($p < 0,05$) (табл. 5).

По завершении МР (T1) в ОГ2 выявлена статистически значимая ($p < 0,05$) положительная динамика общей мощности волн, параметров VLF и соотношения мощностей LF/HF, что указывает на восстановление нейрогуморальных взаимоотношений вегетативной регуляции и увеличение функциональных резервов организма.

Достоверная ($p < 0,05$) положительная динамика клинических и функциональных показателей психоэмоционального и вегетативного состояния с разной степенью выраженности обнаружена у пациентов обеих групп в ходе МР (табл. 4, 5).

Таблица 3. Динамика показателей кардиоинтервалографии при проведении психофизиологической коррекции тренингом с электрокардиограммой и биологической обратной связью по частоте сердечных сокращений, $M \pm m$
Table 3. Changes in cardiointervalography readings during psychophysiological correction by training with electrocardiogram and biofeedback based on the heart rate, $M \pm m$

Корректируемый показатель / Adjusted parameter ($M \pm m$)	Визиты / Visits		p
	T0	T1	
Основная группа 2 (n = 55) / Main group 2 (n = 30)			
LF, mc^2 / LF, ms^2	2536 \pm 385	1138 \pm 588*	0,049*
LF/HF	2,2 \pm 0,8	1,6 \pm 0,9	0,79
VLF, mc^2 / VLF, ms^2	1566 \pm 205	832 \pm 312*	0,043*
TP, mc^2 / TP, ms^2	1986 \pm 394	2967 \pm 310*	0,049*
Контрольная группа 2 (n = 30) / Control group 2 (n = 30)			
LF, mc^2 / LF, ms^2	2655 \pm 394	1823 \pm 410	0,14
LF/HF	2,1 \pm 0,8	1,6 \pm 0,9	0,67
VLF, mc^2 / VLF, ms^2	1599 \pm 199	994 \pm 215	0,053
TP, mc^2 / TP, ms^2	1993 \pm 351	2522 \pm 402	0,32

Примечание: * — $p < 0,05$, различия в сопоставлении с исходными показателями; T0 — до МР; T1 — по завершении курса МР; TP — общая мощность спектра; LF — низкочастотная мощность; HF — высокочастотная мощность; VLF — относительная мощность очень медленных волн.

Note: * — $p < 0.05$, significance of differences compared to the initial indicators; T0 — before MR; T1 — at the end of a course of MR; TP — total spectrum power; LF — power of slow waves; HF — power of fast waves; VLF — very low frequency power.

Таблица 4. Динамика показателей вегетативного статуса при психофизиологической коррекции с тренингом с биологической обратной связью по частоте сердечных сокращений (распределение пациентов, %)

Table 4. Changes in vegetative status parameters during psychophysiological correction with biofeedback training based on the heart rate (distribution of patients, %)

Группа / Group	Показатель / Parameter	Визиты / Visits					
		Симпатикотония / Sympathicotonia		Ваготония / Vagotonia		Эйтония / Eitonia	
		T0	T1	T0	T1	T0	T1
Основная группа 2 (n = 55), распределение пациентов, % / Main group 2 (n = 55), distribution of patients, %		68,1	30,1*	11	6,6*	20,9	63,3*
Контрольная группа 2 (n = 30), распределение пациентов, % / Control group 2 (n = 30), distribution of patients, %		61	43*	12,6	7,1*	26,4	49,9*

Примечание: * — $p < 0,05$, различия по сравнению с исходными данными.

Note: * — $p < 0.05$, the significance of the differences compared to the initial indicators.

В таблице 6 представлены результаты исследования динамики показателей эмоционального статуса под влиянием психофизиологической коррекции в результате БОС-тренинга по ЧСС.

При проведении БОС-тренингов по ЧСС у пациентов ОГ2 статистически значимо возросли показатели «самочувствие», «активность», «настроение» ($p < 0,05$) (табл. 6). В КГ2 показатели «самочувствие» и «настроение» также достоверно улучшились ($p < 0,05$). Прослеживалась положительная динамика параметра «активность» (не достигла уровня статистической значимости; $p > 0,05$): показатель увеличился в 1,6 раза, в то время

как в ОГ2 уровень параметра «активность» после окончания реабилитации возрос в 2,3 раза.

В последние годы особое внимание в области МР после ИИ уделяется психофизиологическим технологиям, направленным на коррекцию когнитивных и эмоциональных расстройств [26]. Особое место в этом ряду занимает метод БОС. Данный метод усиливает нейропластичность и способствует более быстрому восстановлению функций мозга [27].

Одним из ключевых аспектов метода БОС является способность улучшать когнитивные функции за счет направленного тренинга мозговой активности. Примером

Таблица 5. Динамика физиологических показателей при психофизиологической коррекции с тренингом с биологической обратной связью по частоте сердечных сокращений, $M \pm m$

Table 5. Changes in physiological parameters during psychophysiological correction with biofeedback training based on the heart rate, $M \pm m$

Корректируемый показатель / Adjusted parameter ($M \pm m$)	Визиты / Visits		p
	T0	T1	
Основная группа 2 (n = 55) / Main group 2 (n = 55)			
САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg	134,6 ± 1,42	129,7 ± 1,6*	0,049*
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg	84,8 ± 0,8	80,3 ± 1,23	0,79
ЧСС, уд./мин / Heart rate, rpm	78,2 ± 0,8	62,8 ± 1,14	0,033*
ЭМГ m. frontalis, mV / EMG m. frontalis, mV	10,3 ± 1,0	8,8 ± 1,2	0,049*
Контрольная группа 2 (n = 30) / Control group 2 (n = 30)			
САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg	136,0 ± 1,1	130,0 ± 1,0	0,1
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg	85,0 ± 0,1	83,5 ± 0,21	0,9
ЧСС, уд./мин / Heart rate, rpm	72,7 ± 1,04	66,2 ± 1,08	0,052
ЭМГ m. frontalis, mV / EMG m. frontalis, mV	48,4 ± 3,5	61,8 ± 2,8	0,1

Примечание: * — $p < 0,05$, различия по сравнению с исходными данными; ЧСС — частота сердечных сокращений; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЭМГ — электромиография; T0 — исходно; T1 — по завершении курса реабилитации (15 сеансов).

Note: * — $p < 0.05$, the significance of differences compared with baseline values; heart rate — the number of heart contractions; SBP — systolic blood pressure; DBP — diastolic blood pressure; EMG — electromyography; T0 — initially; T1 — the end of the MR (15 sessions).

Таблица 6. Динамика показателей эмоционального статуса при проведении психофизиологической коррекции с тренингом с биологической обратной связью по частоте сердечных сокращений, $M \pm m$

Table 6. Changes in emotional status parameters during psychophysiological correction with biofeedback training based on the heart rate, $M \pm m$

Корректируемый показатель, баллы / Adjusted parameter, scores	Визиты / Visits		p
	T0	T1	
Основная группа 2 (n = 55) / Main group 2 (n = 55)			
Самочувствие / Well-being	1,1 ± 0,5	2,9 + 0,6	0,03*
Активность / Activity	1,2 ± 0,3	2,8 + 0,6	0,03*
Настроение / Mood	1,1 ± 0,4	2,6 + 0,6	0,04*
Контрольная группа 2 (n = 30) / Control group 2 (n = 30)			
Самочувствие / Well-being	1,2 ± 0,5	2,7 + 0,7	0,04*
Активность / Activity	1,2 ± 0,3	1,9 + 0,6	0,07
Настроение / Mood	1,1 ± 0,4	2,4 + 0,5	0,05*

Примечание: * — $p < 0,05$, различия по сравнению с исходными данными.

Note: * — $p < 0.05$, the significance of the differences compared to the initial indicators.

может служить использование ЭЭГ для мониторинга и тренировки ритмов мозга, связанных с когнитивной деятельностью [26].

Эмоциональные расстройства, такие как депрессия и тревожные состояния, являются частым осложнением после ИИ. В этом контексте БОС может использоваться для регулирования эмоционального состояния посредством управления различными физиологическими параметрами, например частота дыхательных движений, ЧСС и кожная проводимость. Техники осознания и кон-

троля за своим дыханием, сердечным ритмом и уровнем стресса позволяют пациентам не только справляться с текущими эмоциональными проблемами, но и профилактировать их ухудшение в будущем [1–2].

Комбинирование метода БОС с другими реабилитационными подходами, такими как физическая терапия и когнитивно-поведенческая терапия, может значительно усилить общий эффект МР. Важно учитывать индивидуальные особенности каждого пациента при разработке программы БОС-терапии, что позволяет макси-

мально эффективно устранять когнитивные и эмоциональные расстройства.

В результате проведенного исследования выявлено статистически значимое улучшение когнитивных показателей пациентов, в комплексную МР которых включен курс ЭЭГ-БОС-тренинга по бета-ритму. Это можно объяснить активацией нейродинамических процессов в мозге, включая изменения в корковых и корково-подкорковых связях, а также нейромодулирующим воздействием ствола мозга, повышением пластичности нейронных сетей и образованием новых синаптических связей [28]. При воздействии БОС-тренинга по бета-ритму головного мозга у пациентов из ОГ1 наблюдается снижение чувствительности к внешним стимулам, что подтверждается изменениями в показателях САД, ЧСС и уровня тревоги. Одновременно отмечено общее снижение признаков психофизиологического напряжения у данных больных.

Включение психофизиологической коррекции с БОС в комплекс МР постинсультных пациентов оказало значимое влияние на самоконтроль и возможность регулировать эмоциональное состояние. Исследования показывают, что применение БОС-технологий стимулирует активизацию позитивных поведенческих паттернов, а также способствует более быстрому восстановлению двигательных функций и когнитивных способностей [26]. В данной работе выполнение упражнений с БОС по бета-ритму головного мозга помогает формировать позитивное отношение к процессу реабилитации, снижает уровень тревожности и депрессии. Продемонстрировано мотивирующее влияние при включении ЭЭГ-БОС-тренинга по бета-ритму к продолжению реабилитационных мероприятий.

Показатели активности, измеряемые опросником САН, могут быть интерпретированы как мотивационные ресурсы пациентов, поскольку включают в себя смысловые противоположности, отображающие интерес, увлеченность, стремление трудиться и целеустремленность. Полученный результат в виде улучшения показателей опросника демонстрирует изменения в мотивационных тенденциях у пациентов группы ОГ2. Вероятно, наблюдение за собственными достижениями во время работы с БОС-аппаратом повышает чувство самоконтроля, укрепляет веру в возможность действовать наилучшим образом, что в свою очередь связано с приверженностью к лечению и реабилитации.

Психофизиологические методы с применением БОС по параметрам ЧСС не только активизируют восстановительные процессы, но и благодаря обучению управлению стрессом и тревожностью значительно снижают нагрузку на сердечно-сосудистую систему. В процессе сеансов нейробиоуправления с БОС на основе ЧСС улучшилось состояние сердечно-сосудистой системы, что подтверждается изменением параметров

КИГ, а также достоверной стабилизацией САД и ЧСС у пациентов ОГ1.

Анализ результатов МР пациентов в восстановительный период ИИ свидетельствует о значительных преимуществах комплексного применения реабилитационных методик с использованием психофизиологических технологий с БОС. Эти достоинства подтверждаются позитивной динамикой показателей когнитивной при ЭЭГ-БОС-тренинге по бета-ритму, а также эмоционально-мотивационной составляющих и стабилизацией вегетативных показателей, данных спектрального анализа КИГ и физиологических маркеров психоэмоционального напряжения при проведении БОС-тренинга на основе ЧСС.

Настоящее исследование продемонстрировало эффективность использования комплексных реабилитационных методик с включением психофизиологических технологий и БОС у пациентов в восстановительный период ИИ в виде положительной динамики показателей когнитивной и эмоционально-мотивационной сфер, а также стабилизации вегетативных параметров, результатов спектрального анализа КИГ и физиологических маркеров психоэмоционального стресса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение комплексной программы МР у пациентов в ранний восстановительный период ИИ с включением психофизиологических технологий с БОС разной направленности способствует улучшению эмоционального и поведенческого состояния пациентов. Самостоятельные занятия с использованием игровых приложений восстанавливают когнитивные функции, улучшают эмоциональное состояние, снижают тревожность пациентов. Простота в использовании, активная вовлеченность пациентов в процесс реабилитации обуславливают повышение выносливости и мотивации к продолжению курса МР. Улучшение эмоционального состояния у пациентов основной группы коррелировало со стабилизацией показателей вегетативных функций, что важно с учетом коморбидности по заболеваниям сердечно-сосудистой системы у пациентов с инсультом.

Таким образом, интеграция психофизиологической технологии с БОС в комплексную МР способствует восстановлению когнитивных, эмоциональных и поведенческих нарушений у пациентов, перенесших инсульт. Современные исследования подтверждают, что систематическое применение БОС помогает улучшить вариабельность сердечного ритма, что является критическим компонентом кардиобезопасности. Позитивное воздействие технологии биоуправления на сердечно-сосудистую систему обеспечивает персонализированный подход, кардиобезопасность у пациентов после инсульта, что расширяет возможности их реабилитации.

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 здра-

воохранения города Москвы; врач-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>

Котельникова Анастасия Владимировна, кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9605-557X>

Петрова Людмила Владимировна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, невролог, заведующая 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>

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>

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. — руко-

водство проектом, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Котельникова А.В. — методология, научное обоснование, проведение исследования, верификация данных, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Петрова Л.В. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Погонченкова И.В. — руководство проектом, проверка и редактирование рукописи; Филиппов М.С. — проверка и редактирование рукописи.

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

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 (протокол № 2 от 19.04.2022).

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

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; Neurologist, Professor, Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0629-9659>

Anastasia V. Kotelnikova, Ph.D. (Psych.), Senior Researcher, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9605-557X>

Liudmila V. Petrova, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Neurologist, Head of Department of Medical Rehabilitation, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru, nauka-org@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

Irena V. Pogonchenkova, D.Sc. (Med.), Director, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>

Maksim S. Filippov, Head of Branch No. 3, Doctor of Physical Rehabilitation Medicine, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. 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, formal analysis, writing — review & editing; Kotelnikova A.V. — methodology, conceptualization, investigation, validation, formal analysis, writing — review and editing; Petrova L.V. — writing original draft, writing review and editing; Pogonchenkova I.V. — project administration, writing review and editing; Filippov M.S. — writing review and editing.

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

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 Declaration of Helsinki as revised in 2013. The study was approved by the Local Ethics Committee of S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Protocol No. 2 dated 19.04.2022.

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. Рузинова В.М., Долгополова Ю.В., Петелин Д.С. и др. Использование технологий биологической обратной связи в клинической практике. Медицинский Совет. 2023; (13): 288–296. <https://doi.org/10.21518/ms2023-245> [Ruzinova V.M., Dolgoplova Yu.V., Petelin D.S. et al. The use of biofeedback techniques in clinical practice. Meditsinskiy sovet = Medical Council. 2023; (13): 288–296. <https://doi.org/10.21518/ms2023-245> (In Russ..)]
2. Хлудеев И.И. Системы с биологической обратной связью: пособие. Минск: БГУИР. 2023; 83 с. [Hludееv I.I. Systems with biological turnover: a collection. Minsk: BGUIR. 2023; 83 p. (In Russ..)]
3. Гоголева А.Г., Захаров В.В. Тревожно-депрессивные расстройства у пациентов после инсульта: распространенность, подходы к диагностике и терапии. Эффективная фармакотерапия. 2019; 15(34): 36–44. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2019-15-34-36-44> [Gogoleva A.G., Zakharov V.V. Anxiety and depressive disorders in patients after stroke: prevalence, approaches to diagnosis and therapy. Effective pharmacotherapy. 2019; 15(34): 36–44. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2019-15-34-36-44> (In Russ..)]
4. Коваленко Е.А., Боголепова А.Н., Катунин Д.А. Предшествующие инсульту когнитивные нарушения и их роль в формировании постинсультного когнитивного дефицита. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2017; 117(12-2): 19–24. <https://doi.org/10.17116/jnevro201711712219-24> [Kovalenko E.A., Bogolepova A.N., Katunin D.A. The role of pre-stroke cognitive disorders in the formation of post-stroke cognitive impairment. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2017; 117(12-2): 19–24. <https://doi.org/10.17116/jnevro201711712219-24> (In Russ..)]
5. Савина М.А., Симонов А.Н., Петрова Е.А. Исследование факторов риска постинсультных депрессий в когорте пациентов, перенесших первый церебральный инсульт, с помощью логистического регрессионного анализа. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019; 10: 103–107. <https://doi.org/10.17513/mjprf.12875> [Savina M.A., Simonov A.N., Petrova E.A. Study of risk factors for post-stroke depression in a cohort of patients with the first cerebral stroke using logistic regression analysis. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2019; 10: 103–107. <https://doi.org/10.17513/mjprf.12875> (In Russ..)]
6. Филатова Е.Г. Постинсультная депрессия. Медицинский Совет. 2017; (15): 47–51. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-0-47-51> [Filatova E.G. Post-stroke depression. Meditsinskiy sovet = Medical Council. 2017; (15): 47–51. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-0-47-51> (In Russ..)]
7. Харченко Е.В., Яворский А.А. Особенности психоэмоционального состояния лиц, перенесших сосудистую катастрофу головного мозга. Человек и мир: психология риска, инноваций, конфликта: сборник научных трудов. Том 2. Екатеринбург. Гуманитарный университет. 2016; 88–90. [Kharchenko E.V., Yavorsky A.A. Features of the psychoemotional state of persons with a vascular catastrophe of the brain. Man and the world: psychology of risk, innovation, conflict: a collection of scientific papers. Volume 2. Yekaterinburg. University of the Humanities. 2016; 88–90 (In Russ..)]
8. Ковальчук В.В., Дроздова М.С., Нестерин К.В. Факторы успеха и причины неудач реабилитации пациентов, перенесших инсульт. Новые возможности нейропротективной терапии. Эффективная фармакотерапия. Эффективная фармакотерапия. Неврология и психиатрия. 2022; 18(43): 28–36. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2022-18-43-28-36> [Kovalchuk V.V., Drozdova M.S., Nesterin K.V. Success factors and causes of failures in rehabilitation of stroke patients. New possibilities of neuroprotective therapy. Effective pharmacotherapy. 2022; 18(43): 28–36. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2022-18-43-28-36> (In Russ..)]
9. Жизневский Д.В., Замерград М.В., Левин О.С. Роль когнитивных нарушений в развитии расстройств равновесия при цереброваскулярных заболеваниях. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2022; 122(11–2): 51–58. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212211251> [Zhiznevskiy D.V., Zamergrad M.V., Levin O.S. The role of cognitive impairment in the development of balance disorders in cerebrovascular diseases. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2022; 122(11–2): 51–58. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212211251> (In Russ..)]
10. Фролова Е.В., Емелин А.Ю., Лобзин В.Ю. Нарушение когнитивных функций в пожилом возрасте: руководство для врачей. Москва: ГЭОТАР-Медиа. 2023; 208 с. <https://doi.org/10.33029/9704-7515-7-KNP-2023-1-208> [Frolova E.V., Emelin A.Yu., Lobzin V.Yu. Cognitive impairment in old age: a guide for doctors. Moscow: GEOTAR Media. 2023; 208 p. <https://doi.org/10.33029/9704-7515-7-KNP-2023-1-208> (In Russ..)]
11. Захаров В.В. Когнитивные нарушения при депрессии. Эффективная фармакотерапия. 2015; 1: 18–26. [Zakharov V.V. Cognitive impairment in depression. Effective pharmacotherapy. 2015; 1: 18–26 (In Russ..)]
12. Кутлубаев М.А., Ахмадеева Л.Р. Постинсультная усталость. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2010; 110(4–2): 60–66. [Kutlubaev M.A., Akhmadeeva L.R. Poststroke fatigue. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2010; 110(4-2): 60-66 (In Russ..)]
13. Cumming T.B., Packer M., Kramer S.F., et al. The prevalence of fatigue after stroke: A systematic review and meta-analysis. Int J Stroke. 2016; 11(9): 968–977. <https://doi.org/10.1177/1747493016669861>
14. Jackson S., Mercer C., Singer B.J. An exploration of factors influencing physical activity levels amongst a cohort of people living in the community after stroke in the south of England. Disabil Rehabil. 2018; 40(4): 414–424. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1258437>
15. Захаров В.В. Основная цель лечения постинсультных когнитивных нарушений — приемлемый уровень повседневного функционирования и качества жизни пациентов. Эффективная фармакотерапия. 2019; 15(34): 8–9. [Zakharov V.V. The main goal of the treatment of post-stroke cognitive impairment is an acceptable level of daily functioning and quality of life of patients. Effective pharmacotherapy. 2019; 15(34): 8–9 (In Russ..)]
16. Петрова Е.А., Понежевская Е.В., Савина М.А. и др. Постинсультная апатия. Consilium Medicum. 2020; 22(9): 33–37. <https://doi.org/10.26442/20751753.2020.9.200274> [Petrova E.A., Ponevejsky E.V., Savina M.A. et al. Post-stroke apathy. Consilium Medicum. 2020; 22(9): 33–37. <https://doi.org/10.26442/20751753.2020.9.200274> (In Russ..)]
17. Fitzsimons C.F., Nicholson S.L., Morris J. et al. Stroke survivors' perceptions of their sedentary behaviours three months after stroke. Disabil Rehabil. 2022; 44(3): 382–394. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1768304>
18. Vahlberg B., Bring A., Hellström K. et al. Level of physical activity in men and women with chronic stroke. Physiother Theory Pract. 2019; 35(10): 947–955. <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1460646>
19. Ермакова Н.Г. Психологическая реабилитация больных с последствиями инсульта в условиях восстановительного лечения. Медицинская психология в России. 2018; 10(2): 1–10. [Ermakova N.G. Psychological rehabilitation of patients after stroke in conditions of rehabilitation treatment. Medical psychology in Russia. 2018; 10(2): 1–10 (In Russ..)]
20. Lee J.M., Moon H.H., Lee S.K. et al. The effects of a community-based walking program on walking ability and fall-related self-efficacy of chronic stroke patients. J Exerc Rehabil. 2019; 15(1): 20–25. <https://doi.org/10.12965/jer.1836502.251>
21. Котельникова А.В., Погонченкова И.В., Костенко Е.В. и др. Психометрическая апробация скрининговых методик диагностики когнитивного статуса постинсультных пациентов: наблюдательное когортное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2): 32–41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-32-41> [Kotelnikova A.V., Pogonchenkova I.V., Kostenko E.V. et al. Psychometric Approbation of Screening Methods for the Diagnosis of Cognitive Status in a Sample of Ischemic Stroke Patients: an Observational Cohort Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 32–41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-32-41> (In Russ..)]

22. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы. Санкт-Петербург: Питер, 2002; 512 с. [Ilyin E.P. Motivation and motives. St. Petersburg: Peter. 2002; 512 p. (In Russ.)]
23. Кукшина А.А., Котельникова А.В., Рассулова М.А. и др. Исследование психометрических свойств «Госпитальной шкалы тревоги и депрессии» (HADS), рекомендованной для врачей общесоматической практики, на выборке пациентов с нарушением двигательных функций. Клиническая и специальная психология. 2023; 12(2): 1–24. <https://doi.org/10.17759/cpse.2023120201> [Kukshina A.A., Kotelnikova A.V., Rassulova M.A. et al. Investigation of the psychometric properties of the “Hospital scale of anxiety and depression” (HADS), recommended for general somatic practitioners, on a sample of patients with impaired motor functions. Clinical Psychology and Special Education. 2023; 12(2): 1–24. <https://doi.org/10.17759/cpse.2023120201> (In Russ.)]
24. Доскин В.А., Лаврентьева Н.А., Мирошников М.П. и др. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния. Вопросы психологии. 1973; 6: 141–145 [Doskin V.A., Lavrentieva N.A., Miroshnikov M.P. et al. Test of differentiated self-assessment of functional state. Questions of psychology. 1973; 6: 141–145 (In Russ.)]
25. Методические рекомендации «Методика регистрации и формирование заключения по ЭЭГ». Департамент здравоохранения г. Москвы. 2021. Доступно на <https://neurosoft.com/files/catalog/catalog/753/ru/files/Methodika-registracii-i-formirovaniya-zaklyucheniya-po-EEG--Moskva--2021.pdf>. (Дата обращения: 01.07.2024) [Methodological recommendations “Methods of EEG registration and results reporting”. Moscow Healthcare Department. 2021. Available at: <https://neurosoft.com/files/catalog/catalog/753/ru/files/Methodika-registracii-i-formirovaniya-zaklyucheniya-po-EEG--Moskva--2021.pdf> (Accessed: 01.07.2024) (In Russ.)]
26. Vilou I., Varka A., Parisi D. et al. EEG-Neurofeedback as a Potential Therapeutic Approach for Cognitive Deficits in Patients with Dementia, Multiple Sclerosis, Stroke and Traumatic Brain Injury. Life (Basel). 2023; 13(2): 365. <https://doi.org/10.3390/life13020365>
27. Hayashi M., Okuyama K., Mizuguchi N. et al. Spatially bivariate EEG-neurofeedback can manipulate interhemispheric inhibition. Elife. 2022; 11: e76411. <https://doi.org/10.7554/eLife.76411>
28. Batail J.M., Bioulac S., Cabestaing F. et al. NExT group. EEG neurofeedback research: A fertile ground for psychiatry? Encephale. 2019; 45(3): 245–255. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2019.02.001>

Современные возможности лабораторной диагностики стресса: обзор

 Пёхова Я.Г.*,  Кузюкова А.А.,  Марченкова Л.А.

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

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Последствия стресса негативно влияют как на физическое, так и на психическое здоровье. В последнее время наблюдается резкий рост интереса к изучению доказательных методов диагностики стресса и эффективных вмешательств по его коррекции.

ЦЕЛЬ. Комплексная оценка современных возможностей объективизации стресса при помощи лабораторной диагностики его маркеров по данным литературных источников.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Для отбора публикаций были изучены базы данных PubMed, Web of Science (Web of Science Core Collection и Medline), Cochrane Library databases, включались данные метаанализов и обзорных статей, полнотекстовые статьи, исследующие связь между лабораторными биомаркерами и стрессом. Глубина поиска публикаций составила 10 лет, с 2014 по 2024 г., также в обзор был включен ряд более ранних основополагающих работ по нейрофизиологии стресса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В настоящее время прослеживается тенденция роста заинтересованности ученых в биологической основе проявлений стресса, что отражается на увеличивающемся количестве публикаций по кортизолу и дегидроэпандростерону (ДГЭА) за последние 10 лет. В обзоре отражен современный взгляд на роль лабораторных маркеров в диагностике стресса. Описаны такие биомаркеры, как кортизол (уровень всплеска после пробуждения, средний уровень кортизола в течение дня, суточная кривая кортизола, кортизол в волосах), альфа-амилаза слюны, ДГЭА и др., проанализирована информация об их чувствительности и специфичности в верификации острых и хронических стрессовых состояний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Кортизол является наиболее надежным и часто используемым лабораторным маркером как острого, так и хронического стресса, при этом изучение других потенциальных биомаркеров продолжает расти. Психометрические опросники и методы функциональной диагностики, отражающие степень симпатической активации, широко применяются в диагностике стресса. Комплексное использование различных инструментов диагностики, включая лабораторные биомаркеры стресса, обеспечит мультимодальный подход, будет способствовать созданию более полной картины стрессового ответа и позволит повысить степень верификации стрессовых состояний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стресс, хронический стресс, биомаркеры, кортизол, кортизол слюны, кортизол мочи, кортизол в волосах, альфа-амилаза слюны, дегидроэпандростерон, симпатoadреналовая система, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось

Для цитирования: Пёхова Я.Г., Кузюкова А.А., Марченкова Л.А. Современные возможности лабораторной диагностики стресса. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):67–74. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-67-74> [Pehova Ya.G., Kuzuykova A.A., Marchenkova L.A. Advanced Capabilities for In Vitro Stress Diagnostics: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):67–74. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-67-74> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Пёхова Яна Геннадьевна, E-mail: pehovayg@nmicrk.ru

Статья получена: 12.11.2024
Статья принята к печати: 13.12.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

Advanced Capabilities for In Vitro Stress Diagnostics: a Review

 Yana G. Pekhova*,  Anna A. Kuzyukova,  Larisa A. Marchenkova

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

ABSTRACT

INTRODUCTION. The effects of stress negatively affect both physical and mental health. Recently, there has been a sharp increase in interest in studying evidence-based methods for diagnosing stress and effective interventions for its correction.

AIM. Comprehensive assessment of modern possibilities of stress objectification using laboratory diagnostics of its markers based on data from literary sources.

MATERIALS AND METHODS. To select publications, we studied the PubMed, Web of Science (Web of Science Core Collection and Medline), Cochrane Library databases, included data from meta-analyses and review articles, full-text articles investigating the relationship between laboratory biomarkers and stress. The search depth of publications was 10 years, from 2014 to 2024, and a number of earlier, fundamental works on the neurophysiology of stress were also included in the review.

RESULTS AND DISCUSSION. The biological basis of stress manifestations is a growing area of interest for scientists, as evidenced by the increasing number of publications on cortisol and dehydroepiandrosterone (DHEA) over the past 10 years. The review reflects a modern view on the role of laboratory markers in stress diagnostics. Biomarkers such as cortisol (the level of the surge after awakening, the average level of cortisol during the day, the daily curve of cortisol, cortisol in the hair), salivary alpha-amylase, DHEA, etc. are described, information on their sensitivity and specificity in the verification of acute and chronic stress conditions is analyzed.

CONCLUSION. Cortisol is the most reliable and frequently used laboratory marker of both acute and chronic stress, while the study of other potential biomarkers continues to grow. Psychometric questionnaires and functional diagnostic methods reflecting the degree of sympathetic activation are widely used in stress diagnostics. The integrated use of various diagnostic tools, including laboratory biomarkers of stress, will provide a multimodal approach, will contribute to a more complete picture of the stress response and will increase the degree of verification of stress conditions.

KEYWORDS: stress, chronic stress, biomarkers, cortisol, salivary cortisol, urinary cortisol, hair cortisol, salivary alpha-amylase, dehydroepiandrosterone, sympathetic-adrenal system, hypothalamic-pituitary-adrenal axis

For citation: Pekhova Ya.G., Kuzyukova A.A., Marchenkova L.A. Advanced Capabilities for In Vitro Stress Diagnostics: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):67–74. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-67-74> (In Russ.).

For correspondence: Yana G. Pekhova, E-mail: pekhovayg@nmicr.ru

Received: 12.11.2024

Accepted: 13.12.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Стресс определяется как состояние, при котором постоянство внутренней среды организма находится под угрозой в связи с влиянием различных сильных внешних или внутренних факторов [1–3]. Реакция организма на стресс независимо от природы стрессора универсальна и характеризуется стереотипной активацией нейрогуморальной системы регуляции, вызывающей изменения функции нервной и эндокринной систем [4].

Теория нейрогуморальной регуляции стрессорного воздействия в настоящее время разработана достаточно фундаментально, что позволяет определить основные механизмы адаптивной реакции организма [5–7]. В развитии стресса наибольшее значение имеет активация двух систем: симпатoadrenalовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой (ГГН) оси [1, 2, 8]. Основными конечными эффекторами реакции на стресс являются высвобождение кортизола ГГН-системой и выделение катехоламинов: норадреналина и адреналина периферической симпатoadrenalовой системы, обуславливающих системное воздействие на организм, поскольку адреналовые рецепторы расположены практически во всех тканях и головном мозге [9, 10]. Гиперадреналинемия в свою очередь вызывает повышение содержания других гормонов и биологически активных

веществ, в частности глюкозы и холестерина. Повышенная секреторная активность стимулирует работу практически всех органов и систем, в первую очередь сердечно-сосудистую, дыхательную, мышечную, повышает интенсивность течения обменных процессов [8, 11].

Любой стресс, будь-то физический (вызванный болезнью, травмой) или психосоциальный (обусловленный эмоциональным перенапряжением, потрясением), сопровождается развитием цепной реакции, берущей начало от коры головного мозга [5, 6]. Мозг является центральным органом восприятия и адаптации к физическим и эмоциональным стрессорам через взаимодействие множества факторов от нейромедиаторов до эпигенетической регуляции и негеномных механизмов [5]. Нейрофизиологическими элементами нейрогуморальной адаптации организма при стрессе являются функциональные афферентно-эфферентные связи гипоталамуса, таламуса, миндалевидного тела, гиппокампа и различные зоны коры больших полушарий мозга (преимущественно префронтальная кора) [1, 5].

Стресс может быть острый (например, острое чувство одиночества или острая реакция утраты, возникающая на потерю близкого родственника; сильное эмоциональное потрясение, возникшее на негативную социальную оценку; ситуационно возникший страх замкнутого пространства) и хронический (например,

стресс, обусловленный длительным проживанием в бедности или в результате продолжительного пребывания в конфликтной ситуации, нахождения на территории военных действий). Острый стресс относится к кратковременному и адаптивному состоянию, в данном случае активация симпатoadrenalовой системы и ГГН-оси направлена на мобилизацию защитных сил организма с целью преодоления возникшей угрозы, после исчезновения стрессора нейрогуморальный баланс вновь восстанавливается [1]. Термин «хронический стресс» относится к дистрессу — дезадаптивному состоянию, которое характеризуется длительной гиперактивностью ГГН-оси, фоновая и стресс-индуцированная секреция кортизола в этом случае повышена [9, 11]. Если дистрессовое состояние затягивается или стрессовая ситуация постоянно повторяется в течение времени, работа гормональных и нейрогуморальных осей становится дисфункциональной и неадаптивной, что влечет за собой неблагоприятные последствия для здоровья [11]. Постоянное повышение концентрации кортизола в крови, который хорошо проникает через гематоэнцефалический барьер, оказывает негативное влияние на ядра гипоталамуса и другие отделы мозга, содержащие глюкокортикоидные рецепторы, среди которых центральное место занимает гиппокамп, участвующий в нейрогенезе и формировании памяти. Кроме того, кортизол повышает чувствительность к стрессу рецепторов центральных ядер миндалевидного тела головного мозга, что клинически связано с усилением чувства тревожности и страха у пациентов [12, 13]. Имунная система реагирует на повышенный уровень кортизола нарушением выработки цитокинов, истощением лимфоидной ткани, а также системным подавлением клеточного иммунитета, повышая риск развития и неблагоприятное течение онкологических, аутоиммунных, аллергических и различных вирусных и инфекционных заболеваний [14]. Повышенное содержание уровня глюкозы и холестерина в крови при стрессе, а также индукция агрегации тромбоцитов, увеличивают риск развития сахарного диабета и сердечно-сосудистой патологии [14]. Таким образом, хронический стресс приводит не только к ощущению психического истощения и потере производительности, но и к вторичным соматическим и психическим заболеваниям [15, 16].

Неблагоприятные последствия воздействия стресса на здоровье обуславливают необходимость его своевременной объективизации и последующего мониторинга для оценки динамики состояния с целью надежного определения эффективности терапевтических воздействий, направленных на устранение явлений дистресса. В настоящее время диагностика стрессовых состояний осуществляется при помощи специализированных опросников, целенаправленно определяющих наличие физических и психических проявлений стресса (чаще всего используются в психологии), инструментальных (как правило, оценивающих уровень симпатической активации и реактивности по параметрам variability сердечного ритма, кожной проводимости, зрачковой реакции, электроэнцефалограммы, показателям частоты и глубины дыхания и др.) и лабораторных (измеряющих в биологическом материале маркеры, сигнализирующие о наличии стрессового состояния) методов [17–19].

ЦЕЛЬ

Комплексная оценка современных возможностей объективизации стресса при помощи лабораторной диагностики его маркеров по данным литературных источников.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для отбора публикаций были изучены базы данных PubMed, Web of Science (Web of Science Core Collection и Medline), Cochrane Library databases, включались данные метаанализов и обзорных статей, полнотекстовые статьи, исследующие связь между лабораторными биомаркерами и стрессом. Поиск проводился по комбинации терминов, которые включали стресс, хронический стресс со следующими ключевыми словами: биомаркеры, кортизол, кортизол слюны, кортизол мочи, кортизол в волосах, альфа-амилаза слюны, ДГЭА, симпатoadrenalовая система, ГГН-ось. Глубина поиска публикаций составила 10 лет, с 2014 по 2024 г., также в обзор был включен ряд более ранних основополагающих работ по нейрофизиологии стресса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Роль лабораторных маркеров в диагностике стресса

На основании накопленных данных убедительно показана возможность лабораторной диагностики стресса [17, 18]. Ниже будут рассмотрены кортизол и другие периферические лабораторные биомаркеры стресса, будут проанализированы возможности их применения в диагностике острых и хронических стрессовых состояний [19].

Анализ публикационной активности в базе данных PubMed показал, что интерес ученых к биомаркерам стресса оставался всегда на высоком уровне, менялся только взгляд на роль различных лабораторных маркеров в нейрофизиологии стресса. Начиная с конца XX в., отмечается достоверный рост исследований, посвященных кортизолу и дигидроэпиандростерону (ДГЭА), который достигает пика к 2020 г. (период пандемии), в дальнейшем количество публикаций незначительно снижается. За последние 10 лет (2014–2024 гг.) найдено 2513 и 734 публикации, посвященных кортизолу и ДГЭА соответственно, что в 1,6 раза больше, чем за предыдущие 10 лет (2003–2013 гг.; 1514 и 471 публикаций). Обратная тенденция прослеживается по кортикотропин-релизинг-гормону и адренотропному гормону (АКТГ): отмечается сокращение публикаций практически в 2 раза за период с 2003–2013 по 2014–2024 гг. Публикации, рассматривающие адреналин, норадреналин, дофамин, соматотропный гормон (СТГ), пролактин, окситоцин в качестве стрессовых маркеров, представлены в значительно меньшем количестве по сравнению с вышеперечисленными гормонами, их число несущественно различается между последними десятилетиями. При этом обращает на себя внимание увеличивающееся количество исследований, посвященных альфа-амилазе слюны. При относительно небольшом общем количестве публикаций прослежено увеличение их количества более чем в 3 раза за последние 10 лет.

Кортизол

Кортизол является главным и одним из наиболее часто определяемых биомаркеров стресса. Уровень

кортизола реагирует как на острый, так и на хронический стресс [6]. При остром стрессе повышение концентрации кортизола является частью адаптивного ответа, активирует ряд физиологических функций: улучшает кровоснабжение мозга, повышает метаболизм, увеличивает сердечный выброс, усиливает функции всех афферентных систем организма. В условиях хронического стресса кумулятивное воздействие кортизола и/или длительное нарушение регуляции его секреции, напротив, является дезадаптивным и связанным с прогрессированием нарушений как психического, так и физического здоровья [7, 8, 14]. Это делает анализ долговременной секреции кортизола важнейшим параметром для исследования биологической основы взаимосвязи проявлений стресса и состояния здоровья [18].

Кортизол крови, слюны, мочи

Измерения кортизола традиционно осуществляли в крови, слюне или моче. Однако эти исследования имеют ряд значительных ограничений [14, 20]. Уровень кортизола не постоянен в течение суток, что обусловлено его физиологическим суточным ритмом, а также различными экзогенными воздействиями на организм (например, влияние пищи, лекарственных препаратов, никотина, интенсивной физической нагрузки) [18, 21] и немодифицируемыми факторами, такими как пол, возраст, расовая принадлежность [22].

Суточный ритм кортизола разделяют на несколько ключевых компонентов, которые повышают точность диагностики стресса. Уровень кортизола обычно наиболее высок при пробуждении (резко увеличивается в среднем на 50–60 % в первые 30–60 минут после пробуждения), быстро падает в последующие несколько часов, затем медленно снижается, достигая наименьшей концентрации перед сном [21, 23]. Нормальный уровень кортизола в крови в зависимости от единиц измерения составляет 80–600 нмоль/л (0,05–0,25 мкг/мл; 30–160 нг/мл), что отражает суточный характер секреции кортизола [16, 23, 24].

Основными вариантами исследования являются оценка уровня всплеска кортизола после пробуждения (called the cortisol awakening response — CAR), средний уровень кортизола в течение дня (daily average cortisol — DAC) и суточная кривая кортизола (the diurnal cortisol slope — DCS) — степень изменения концентрации кортизола от утра к вечеру в период бодрствования [25, 26].

Ранние работы по изучению кортизола в основном были сосредоточены на DAC. Открытие CAR в конце 90-х гг. привлекло к нему пристальное внимание исследователей. Уровень всплеска кортизола после пробуждения стал наиболее часто исследуемым параметром и использовался как показатель целостности и нормальной регуляции ГГН-оси [25, 27]. В ряде исследований 2000-х гг. показана связь между хроническим стрессом и повышенной концентрацией кортизола в течение первого часа после утреннего пробуждения [28]. В настоящее время установлено, что CAR не дает информации о долгосрочном выбросе кортизола, следовательно, диагностика хронического стресса с помощью данного измерения затруднена [29]. При этом получены доказательства связи низкого или чрезмерно высокого уровня всплеска кортизола в ответ на стресс с более неблагоприятными прогнозами для здоровья [30].

Секреция кортизола слюны также подчинена суточному ритму. При увеличении уровня кортизола в крови происходит синхронное повышение кортизола в слюне через 1 минуту. При проникновении в слюнные железы кортизол частично превращается в кортизон, поэтому его уровень в слюне меньше, чем в крови, и в норме варьирует в диапазоне 8,2–52,4 нмоль/л (1–1,6 нг/мл) [16, 24]. Важно отметить, что уровень гормона в слюне не зависит от ферментов и интенсивности слюновыделения и коррелирует с уровнем кортизола в крови [20]. Кортизол слюны нестабилен при комнатной температуре: забранный материал необходимо хранить в холодильнике при температуре +2–8 °С, исследование должно быть проведено в день забора слюны [20]. При этом, учитывая неинвазивность метода и легкость забора лабораторного материала, кортизол слюны широко используется в наблюдениях за физиологическими суточными колебаниями кортизола, несмотря на сложности с хранением материала [16].

Количественное определение уровня кортизола в моче наиболее часто оценивается при помощи определения свободного кортизола в суточной моче. Приблизительно 1 % кортизола, секретируемого в течение суток, выделяется мочой в неизменном и не связанном с белками виде. Диапазон содержания свободного кортизола в моче составляет в среднем 36–137 мкг/сут [16, 31]. Уровень свободного кортизола в суточной моче не зависит от циркадных колебаний кортизола и отражает суммарную секрецию гормона корой надпочечников. Несмотря на неинвазивность и безболезненность метода, он имеет ряд ограничений: пациенты должны носить специализированный сосуд для сбора мочи в течение 24 часов, собранная моча нуждается в охлаждении с момента сбора до доставки в лабораторию [20]. Различные внешние факторы, включая беременность и прием лекарственных препаратов, могут влиять на концентрацию кортизола в моче [31].

Уровень кортизола как маркера острой реакции на стресс определяется при изучении спонтанных и смоделированных стрессовых состояний, а также при оценке эффективности различных антистрессовых мероприятий. Традиционные измерения кортизола в плазме, слюне и моче достоверно показывают концентрацию гормона в течение короткого периода отбора проб и доказали свою надежность для диагностики остро возникшего стрессового состояния [27]. В случае острой стрессовой ситуации уровень кортизола повышается и достигает пика концентрации примерно через 15–30 минут после события, вызвавшего стресс, а затем постепенно снижается, даже если влияние стрессового фактора сохраняется в течение некоторого времени. Следовательно, взятие анализа по истечении данного временного окна будет иметь крайне низкую информативность [28, 32].

Накапливающийся объем исследований по изучению циркадной изменчивости уровня кортизола показывает важность оценки суточной кривой кортизола в лабораторной диагностике стресса [26]. В настоящее время доказано, что более плоская кривая DCS в течение суток (включая низкий утренний и/или высокий вечерний уровни кортизола) указывает на нарушение регуляции ГГН-оси и отражает наиболее неблагоприятные исходы для здоровья, такие как сердечно-сосудистые и эндокринные заболевания, онкология, тяжелая

депрессия и высокий риск суицида [25, 33, 34]. Таким образом, данный метод наиболее надежен при диагностике хронического стресса по сравнению с исследованием уровнем всплеска кортизола после пробуждения и среднего уровня кортизола в течение дня [25].

Кортизол в волосах

Анализ концентрации кортизола в волосах (hair cortisol concentrations — НСС) является важной разработкой и достижением в диагностике хронического стресса [35, 36]. Рост волос составляет в среднем около 1 см в месяц. Таким образом, образцы волос длиной в 1 см, расположенные ближе всего к коже головы, могут содержать информацию о выбросе кортизола за последний месяц. Аналогично образец волос длиной 3 см, расположенный ближе всего к коже головы, позволяет уточнить среднее содержание кортизола за последние три месяца и оценить уровень хронического стресса. Референтные значения кортизола в волосах до конца не определены и варьируют в широких пределах: от 1,7 до 153,2 пг/мл [20]. По сравнению с другими методами отбора проб, НСС имеет ряд преимуществ. Взятие материала для исследования не является инвазивным методом, материал можно хранить при комнатной температуре, на результаты анализа не влияют суточные колебания кортизола и действие экзогенных факторов [36, 37]. Данный метод является многообещающим новым инструментом, обеспечивающим количественную оценку общего кортизола, секретируемого в волосы в течение нескольких недель, месяцев роста волос [35, 36]. В то время как кортизол слюны и мочи фиксирует уровни кортизола в реальном времени, НСС представляет собой дополнительное средство мониторинга стресса, демонстрируя системное воздействие кортизола в течение более длительного временного периода. В настоящее время анализ НСС подтвердил свою достоверность, высокую надежность в повторных испытаниях и стабильность при воспроизведении результатов [35].

Другие биомаркеры стресса

Выявление и изучение потенциальных биомаркеров стресса является постоянно развивающейся областью исследований в медицине. Взаимодействия нервной, эндокринной и иммунной систем играют важную роль в формировании индивидуальной реакции на хронический стресс. Наряду с основным диагностическим маркером стресса (кортизолом), изучаются дополнительные нейроэндокринные и иммунные метаболиты оценки уровня стресса, такие как альфа-амилаза слюны, адреналин и норадреналин, дофамин, ДГЭА, эндокринные гормоны (АКТГ, СТГ, пролактин, эстрадиол, окситоцин), С-реактивный белок, интерлейкины (ИЛ), фактор некроза опухоли-альфа, фактор роста, BDNF (brain-derived neurotrophic factor — нейротрофический фактор мозга), глюкоза, триглицериды, холестерин и др. [18, 19]. К наиболее часто используемым нейроэндокринным биомаркерам (помимо кортизола) относят катехоламины (адреналин, норадреналин, дофамин) и ДГЭА [19]. Среди иммунных маркеров как потенциальных диагностических маркеров хронического стресса наибольший интерес исследователей представляют ИЛ-6, ИЛ-8, фактор некроза опухоли-альфа, С-реактивный белок [19]. Выше-

перечисленные нейроэндокринные и иммунные лабораторные маркеры не являются высокочувствительными и специфичными в диагностике стресса, могут применяться только как адъювантные методики и требуют дальнейшего изучения [18].

Альфа-амилаза слюны

Альфа-амилаза слюны (Salivary α -amylase — sAA) — это фермент, который вырабатывается локально в слюнных железах и контролируется вегетативной нервной системой [4]. sAA была предложена в качестве маркера активности симпатической нервной системы и, следовательно, важным биомаркером острого стресса [1, 18]. В норме уровень sAA наиболее низкий ранним утром и самый высокий поздним вечером, референтные значения составляют 90–250 ед/мл [32]. Задачей фермента является расщепление углеводов на усвояемые олигосахариды, потребность в которых крайне возрастает в условиях острого стресса. В ответ на стресс концентрация альфа-амилазы в слюне резко увеличивается, таким образом, повышение уровня sAA при воздействии стрессового фактора является адаптивной реакцией организма, отражающей реактивное функционирование вегетативной нервной системы [38]. При этом исследования последних лет по изучению sAA не подтвердили ее надежность и специфичность как диагностического маркера активности симпатической нервной системы [39]. В настоящее время показано, что активность sAA связана с активацией не только симпатической, но и парасимпатической нервной системы, и sAA рассматривается как периферический биомаркер глобальной активности вегетативной нервной системы [40], что ограничивает ее применение в диагностике стрессовых состояний и требует дальнейшего изучения [41–43].

Катехоламины (адреналин, норадреналин, дофамин)

Адреналин и норадреналин являются частью реакции симпатической нервной системы на стрессовый фактор. Адреналин, вырабатываемый мозговым веществом надпочечников, в первую очередь связан с эмоциональным стрессом, в то время как норадреналин, вырабатываемый мозговым веществом надпочечников и симпатическими нервными окончаниями, — с физическим [20, 44]. Дофамин является важнейшим нейромедиатором дофаминергической системы головного мозга: регулирует поведение, связанное с вознаграждением, через мезолимбический дофаминергический путь, а также гормоном коры надпочечников [45]. При воздействии стресса модуляция дофаминергической системы вознаграждения необходима для мониторинга и выбора оптимального процесса преодоления стрессовых ситуаций. Аверсивные стрессовые события приводят к дезрегуляции дофаминергической системы, нарушая чувствительность к вознаграждению, что тесно связано с хронической депрессией, обусловленной стрессом [46]. Адреналин, норадреналин и дофамин (вырабатываемый надпочечниками) можно измерить в моче и сыворотке крови, однако предпочтительнее 24-часовое исследование катехоламинов в моче, поскольку измерения в сыворотке крови могут давать ложноположительные и ложноотрицательные результаты в связи со стрессом от инъекции при взятии материала [19]. Важно понимать, что на изменение концен-

трации катехоламинов влияет не только переживаемый стресс, но и ряд заболеваний и состояний, таких как нейроэндокринные опухоли, острый коронарный синдром, дефицит витаминов и микроэлементов, психические заболевания, прием лекарственных препаратов и др. [44].

Дегидроэпиандростерон

ДГЭА является стероидным гормоном, большая часть которого синтезируется из холестерина в сетчатой зоне коры надпочечников в ответ на АКГГ и около 10 % — в половых железах [47]. Несмотря на то, что его основной функцией является регуляция метаболизма половых гормонов, высвобождение ДГЭА в организме человека представляет все больший интерес при исследовании стресса. Данный гормон рассматривается как естественный антагонист кортизола: улучшает психическое состояние во время острого стресса, играет защитную роль при реакции на стресс, противодействуя эффектам кортизола [48]. Уровень циркулирующего ДГЭА тесно связан с возрастом и полом; кроме того, прослежены корреляции между низким уровнем ДГЭА и ишемической болезнью сердца, ожирением, эндотелиальной дисфункцией, атеросклерозом, а также стрессом [47, 48].

В процессе метаболизма ДГЭА трансформируется в свою сульфатированную форму — ДГЭА-С [49]. ДГЭА-С — надежный показатель активности коры надпочечников, связанный с хроническим стрессом, тогда как простая форма ДГЭА отражает реакцию на острые стрессовые факторы [49, 50]. Исследования не выявили разницы между информативностью показаний ДГЭА в различных биологических средах (кровь, слюна, моча); ДГЭА-С принято оценивать в сыворотке крови [48].

Результаты метаанализа 2021 г. убедительно показали, что изменение концентрации ДГЭА является частью ответа организма на острый стресс [51]. Уровень ДГЭА повышается после острого стрессового события независимо от его типа и продолжительности, достигая пика в конце стрессовой ситуации, а затем постепенно снижается и возвращается к исходному уровню примерно через 1 час. Величина колебаний уровня ДГЭА в ответ на стресс уменьшается с возрастом, более выражена у женщин, подростков и людей с ожирением [51].

Согласно данным литературного обзора 2023 г., соотношение концентрации кортизола и ДГЭА можно рассматривать как объективный показатель оценки психо-

социального стресса [48]. Острый стресс приводит к повышению уровня кортизола, что влечет за собой более высокое соотношение кортизол/ДГЭА, тогда как при дистрессовых состояниях можно ожидать снижения соотношения кортизол/ДГЭА, что указывает на дисфункции ГГН-оси, а также на дисбаланс в антагонистических отношениях между кортизолом и ДГЭА [48, 52]. Авторы обзора выявили достоверные корреляции между оценкой субъективного стресса, вариабельностью сердечного ритма и уровнями кортизола и ДГЭА у здоровых людей [53]. Необходимы дальнейшие исследования с акцентом на мультимодальные методы диагностики для более полного понимания взаимосвязи между лабораторными и физиологическими показателями стресса, такими как вариабельность сердечного ритма и электрокожная активность [48].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стресс представляет собой актуальную и серьезную проблему для общественного здравоохранения. Влияние стресса на здоровье носит многогранный характер, и бремя стресса продолжает расти [54]. Из-за сложности диагностики и большого количества пациентов, у которых недооценивались последствия перенесенного стресса, поиск новых маркеров, связанных со стрессом, представляет все больший интерес, что отражается на увеличивающемся количестве исследований по этой проблеме [15]. Лабораторные биомаркеры могут облегчить диагностику стресса в клинической практике, позволят как можно раньше начать соответствующее лечение и мониторировать эффективность терапии стрессовых расстройств [14, 26].

Данный обзор помогает определить значимость лабораторных маркеров в распознавании острых и хронических стрессовых состояний. Наиболее изученным и надежным биомаркером стресса является кортизол, при этом продолжается работа по исследованию и других потенциальных биомаркеров [6, 15, 18]. Необходимы дальнейшие исследования в области верификации стрессовых состояний с акцентом на мультимодальный подход, включающий сочетанное применение психометрической оценки с методами лабораторной и функциональной диагностики. Важность такого подхода заключается в возможности более комплексного понимания механизмов стресса и его влияния на психическое и физическое здоровье.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Пёхова Яна Геннадьевна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, отдел нейрореабилитации и клинической психологии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2754-1021>

Кузюкова Анна Александровна, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом нейрореабилитации и клинической психологии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9275-6491>

Марченкова Лариса Александровна, доктор медицинских наук, руководитель научно-исследовательского управ-

ления, 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: Пёхова Я.Г. — научное обоснование, анализ данных, написание черновика руко-

писи; Кузюкова А.А. — научное обоснование, проведение исследования, анализ данных, написание черновика рукописи; Марченкова Л.А. — проверка и редактирование рукописи.

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

Конфликт интересов. Марченкова Л.А. — председатель редакционного совета журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Yana G. Pekhova, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Department of Neurorehabilitation and Clinical Psychology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2754-1021>

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. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9275-6491>

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). Special contributions: Pekhova Ya.G. — conceptualization, formal analysis, writing original draft; Kuzyukova A.A. — conceptualization, formal analysis, investigation, writing original draft; Marchenkova L.A. — writing review and editing.

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

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.

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

Список литературы / References

- Engert V., Linz R., Grant J.A. Embodied stress: The physiological resonance of psychosocial stress. *Psychoneuroendocrinology*. 2019; 105: 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.12.221>
- Chrousos G.P. Stress and disorders of the stress system. *Nat Rev Endocrinol*. 2009; 5(7): 374–381. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2009.106>
- Behrends J., Bischofberger J., Deutzmann R. et al. *Physiologie*. Stuttgart: Thieme. 2017; 831 p. <https://dx.doi.org/10.1055/b-004-132217>
- Giacomello G., Scholten A., Parr M.K. Current methods for stress marker detection in saliva. *J Pharm Biomed Anal*. 2020; 191: 113604. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113604>
- McEwen B.S., Bowles N.P., Gray J.D. et al. Mechanisms of stress in the brain. *Nature Neuroscience*. 2015; 18(10): 1353–1363. <https://doi.org/10.1038/nn.4086>
- Shields G.S., Sazma M.A., Yonelinas A.P. The effects of acute stress on core executive functions: A meta-analysis and comparison with cortisol. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016; 68: 651–668. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.06.038>
- Sapolsky R.M. Glucocorticoids, the evolution of the stress-response, and the primate predicament. *Neurobiol Stress*. 2021; 14: 100320. <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2021.100320>
- Eddy P., Wertheim E.H., Hale M.W. et al. A Systematic Review and Revised Meta-analysis of the Effort-Reward Imbalance Model of Workplace Stress and Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis Measures of Stress. *Psychosom Med*. 2023; 85(5): 450–460. <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000001155>
- Marty M.A., Segal S.L. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 5th Ed. American Psychiatric Publishing. 2013; 947 p.
- Chow Y., Masiak J., Mikotajewska E. et al. Limbic brain structures and burnout-A systematic review. *Adv Med Sci*. 2018; 63(1): 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.advms.2017.11.004>
- Engel S., Laufer S., Klusmann H. et al. Cortisol response to traumatic stress to predict PTSD symptom development — a systematic review and meta-analysis of experimental studies. *Eur J Psychotraumatol*. 2023; 14(2): 2225153. <https://doi.org/10.1080/20008066.2023.2225153>
- Rincon-Cortes M., Herman J.P., Lupien S. et al. Stress: Influence of sex, reproductive status and gender. *Neurobiol Stress*. 2019; 9(10): 100155. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ynstr.2019.100155>
- Woo E., Sansing L.H., Arnsten A.F.T. et al. Chronic Stress Weakens Connectivity in the Prefrontal Cortex: Architectural and Molecular Changes. *Chronic Stress (Thousand Oaks)*. 2021; 5: 24705470211029254. <https://doi.org/10.1177/24705470211029254>
- Agorastos A., Chrousos G.P. The neuroendocrinology of stress: The stress-related continuum of chronic disease development. *Mol Psychiatry*. 2022; 27(1): 502–513. <https://doi.org/10.1038/s41380-021-01224-9>
- Ganesan A., Kumar G., Gauthaman J. et al. Exploring the Relationship between Psychoneuroimmunology and Oral Diseases: A Comprehensive Review and Analysis. *J Lifestyle Med*. 2024; 14(1): 13–19. <https://doi.org/10.15280/jlm.2024.14.1.13>
- Balasamy S., Atchudan R., Arya S. et al. Cortisol: Biosensing and detection strategies. *Clin Chim Acta*. 2024; 562: 119888. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2024.119888>
- Iob E., Steptoe A. Cardiovascular Disease and Hair Cortisol: a Novel Biomarker of Chronic Stress. *Current Cardiology Reports*. 2019; 21(10): 116. <https://doi.org/10.1007/s11886-019-1208-7>
- Noushad Sh., Ahmed S., Ansari B. et al. Physiological biomarkers of chronic stress: A systematic review. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2021; 15(5): 46–59.
- Kokka I., Chrousos G.P., Darviri C. et al. Measuring Adolescent Chronic Stress: A Review of Established Biomarkers and Psychometric Instruments. *Horm Res Paediatr*. 2023; 96(1): 74–82. <https://doi.org/10.1159/000522387>
- Iqbal T., Elahi A., Wijns W. et al. Cortisol detection methods for stress monitoring in connected health. *Health Sciences Review*. 2023; 6(3): 100079. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2023.100079>

21. Nater U.M., Skoluda N., Strahler J. Biomarkers of stress in behavioural medicine. *Curr Opin Psychiatry*. 2013; 26(5): 440–445. <https://dx.doi.org/10.1097/YCO.0b013e328363b4ed>
22. Tian R., Hou G., Song L. et al. Chronic grouped social restriction triggers long-lasting immune system adaptations. *Oncotarget*. 2017; 8(20): 33652–33657. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.16856>
23. Kiecolt-Glaser J.K., Preacher K.J., MacCallum R.C. et al. Chronic stress and age-related increases in the proinflammatory cytokine IL-6. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2003; 100(15): 9090–9095. <https://doi.org/10.1073/pnas.1531903100>
24. Mert M., Tanakol R., Karpuzoglu H. et al. Spectral effect: each population must have its own normal midnight salivary cortisol reference values determined. *Arch. Med. Sci*. 2013; 9: 872–876. <https://doi.org/10.5114/aoms.2013.38681>
25. Adam E.K., Quinn M.E., Tavernier R. et al. Diurnal cortisol slopes and mental and physical health out-comes: A systematic review and meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*. 2017; 83: 25–41. <https://dx.doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.05.018>
26. Rogerson O., Wilding S., Prudenzi A. et al. Effectiveness of stress management interventions to change cortisol levels: a systematic review and meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*. 2024; 159: 106415. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2023.106415>
27. Ostinelli G., Scovronec AlcetaS., Ouellette A.S. et al. Deciphering the Association Between Hypothalamus-Pituitary-Adrenal Axis Activity and Obesity: A Meta-Analysis. *Obesity (Silver Spring)*. 2021; 29(5): 846–858. <https://doi.org/10.1002/oby.23125>
28. De Vente W., Olf M., Van Amsterdam J. et al. Physiological differences between burnout patients and healthy controls: Blood pressure, heart rate, and cortisol responses. *Occup Environ Med*. 2003; 60(Suppl. 1): i54–61. https://doi.org/10.1136/oem.60.suppl_1.i54
29. Lovallo W.R. *Stress and Health: Biological and Psychological Interactions*. Thousand Oaks, CA: SAGE. 3rd Ed. 2016. 352 p.
30. Benz A., Meier M., Mankin M. et al. The duration of the cortisol awakening pulse exceeds sixty minutes in a meaningful pattern. *Psychoneuroendocrinology*. 2019; 105: 187–194. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.12.225>
31. John K.A., Cogswell M.E., Campbell N.R. et al. Accuracy and Usefulness of Select Methods for Assessing Complete Collection of 24-Hour Urine: A Systematic Review. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2016; 18(5): 456–467. <https://doi.org/10.1111/jch.12763>
32. Steckl A.J., Ray P. Stress biomarkers in biological fluids and their point-of-Use detection. *ACS Sens*. 2018; 3(10): 2025–2044. <https://doi.org/10.1021/acssensors.8b00726>
33. O'Connor D.B., Gartland N., O'Connor R.C. Stress, cortisol and suicide risk *Int. Rev. Neurobiol*. 2020; 152: 101–130. <https://doi.org/10.1016/bs.irm.2019.11.006>
34. Ruttle P.L., Javaras K.N., Klein M.H. et al. Concurrent and longitudinal associations between diurnal cortisol and body mass index across adolescence. *J. Adolesc. Health*. 2013; 52(6): 731–737. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2012.11.013>
35. Stalder T., Steudte-Schmiedgen S., Alexander N. et al. Stress-related and basic determinants of hair cortisol in humans: A metaanalysis. *Psychoneuroendocrinology*. 2017; 77: 261–274. <https://dx.doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.12.017>
36. Li Y., Jia W., Yan N. et al. Associations between chronic stress and hair cortisol in children: A systematic review and meta-analysis. *J Affect Disord*. 2023; 329: 438–447. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.02.123>
37. Pageau L.M., Ng T.J., Ling J. et al. Associations between hair cortisol and blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Hypertens*. 2023; 41(6): 875–887. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000003412>
38. Łoś K., Waszkiewicz N. Biological Markers in Anxiety Disorders. *J Clin Med*. 2021; 10(8): 1744. <https://doi.org/10.3390/jcm10081744>
39. Bosch J.A., Veerman E.C., de Geus E.J. et al. α-Amylase as a reliable and convenient measure of sympathetic activity: Don't start salivating just yet! *Psychoneuroendocrinology*. 2011; 36(4): 449–453. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2010.12.019>
40. Thieux M., Guyon A., Seugnet L. et al. Salivary α-amylase as a marker of sleep disorders: A theoretical review. *Sleep Med Rev*. 2024; 74: 101894. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2023.101894>
41. Engeland C.G., Bosch J.A., Rohleder N. Salivary biomarkers in psychoneuroimmunology. *Curr Opin Behav Sci*. 2019; 28: 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2019.01.007>
42. Chojnowska S., Ptaszyńska-Sarosiek I., Kępką A. et al. Salivary Biomarkers of Stress, Anxiety and Depression. *J Clin Med*. 2021; 10(3): 517. <https://doi.org/10.3390/jcm10030517>
43. O'Leary E.D., Howard S., Hughes B.M. et al. Salivary α-amylase reactivity to laboratory social stress with and without acute sleep restriction. *Journal of Psychophysiology*. 2015; 29(2): 55–63. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1027/0269-8803/a000134>
44. Tank A.W., Lee Wong D. Peripheral and central effects of circulating catecholamines. *Compr Physiol*. 2015; 5(1): 1–15. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140007>
45. Cabib S., Puglisi-Allegra S. The mesoaccumbens dopamine in coping with stress. *Neurosci Biobehav Rev*. 2012; 36(1): 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.04.012>
46. Ja-Hyun Baik. Stress and the dopaminergic reward system. *Exp Mol Med*. 2020; 52(12): 1879–1890. <https://doi.org/10.1038/s12276-020-00532-4>
47. Nenezic N., Kostic S., Strac D.S. et al. Dehydroepiandrosterone (DHEA): Pharmacological Effects and Potential Therapeutic Application. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2023; 23(8): 941–952. <http://dx.doi.org/10.2174/138957522666220919125817>
48. Ahmed T., Qassem M., Kyriacou P.A. Measuring stress: a review of the current cortisol and dehydroepiandrosterone (DHEA) measurement techniques and considerations for the future of mental health monitoring. *Stress*. 2023; 26(1): 29–42. <https://doi.org/10.1080/10253890.2022.2164187>
49. van Zuiden M., Haverkort S.Q., Tan Z. et al. DHEA and DHEA-S levels in posttraumatic stress disorder: A meta-analytic review. *Psychoneuroendocrinology*. 2017; 84: 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.06.010>
50. Lennartsson A.K., Arvidson E., Börjesson M. et al. DHEA-S production capacity in relation to perceived prolonged stress. *Stress*. 2022; 25(1): 105–112. <https://doi.org/10.1080/10253890.2021.2024803>
51. Dutheil F., de Saint Vincent S., Pereira B. et al. DHEA as a Biomarker of Stress: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Psychiatry*. 2021; 12: 688367. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.688367>
52. Asadikaram G., Khaleghi E., Sayadi, A. et al. Assessment of hormonal alterations in major depressive disorder: A clinical study. *PsyCh Journal*. 2019; 8(4): 423–430. <https://doi.org/10.1002/pchj.290>
53. Mazgelytė E., Chomentauskas G., Dereškevičiūtė E. et al. Association of salivary steroid hormones and their ratios with time-domain heart rate variability indices in healthy individuals. *J Med Biochem*. 2021; 40(2): 173–180. <https://doi.org/10.5937/jomb0-26045>
54. O'Connor D.B., Thayer J.F., Vedhara K. Stress and health: a review of psychobiological processes *Annu. Rev. Psychol*. 2021; 72(1): 663–688. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-062520-122331>

Постинсультные синкинезии: клинико-реабилитационные аспекты. Обзор

 Петров К.Б.* ,  Митичкина Т.В.

Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Новокузнецк, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Непроизвольные содружественные движения (синкинезии) часто развиваются у постинсультных больных. В России, согласно классификации Мари — Фуа, их подразделяют на глобальные, имитационные и координаторные, а в англоязычной литературе применяют термины «двигательная иррадиация», «моторное переполнение», «зеркальные движения», «аномальная связь» и др. Несмотря на попытки использовать синкинезии для восстановления функции паретичных конечностей, их реабилитационное значение до сих пор недостаточно исследовано.

ЦЕЛЬ. На основании данных литературы изучить особенности патологических синкинезий у постинсультных больных, а также оценить возможность их применения для оптимизации методов реабилитации (кинезитерапии).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Библиографический поиск осуществлялся в базах данных PubMed, Web of Science и Scopus. Были использованы следующие ключевые слова: global synkinesis, mirror synkinesis, motor irradiation, abnormal coactivation, PNF, rehabilitation. Основное внимание уделено англоязычным контролируемым рандомизированным исследованиям и обзорам за последние 20 лет. Всего проанализировано 152 источника, 77 из них соответствовали заранее определенным критериям и были отобраны для составления описательного обзора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Проведенный анализ литературы убеждает, что основа традиционной классификации постинсультных синкинезий Мари — Фуа должна быть сохранена, однако к ней необходимы некоторые дополнения. Надлежит учитывать следующие виды постинсультных синкинезий: глобальные, респираторно-брахиальные, имитационные, координаторные и аномальные. Помимо кинезитерапии с помощью проприоцептивного нервно-мышечного облегчения, их можно использовать в методиках функциональной электростимуляции, билатеральной тренировки, зеркальной терапии, ограничительной терапии по Таубу и др. Наибольшую реабилитационную ценность представляют координаторные и аномальные синкинезии. В резидуальном периоде инсульта сохраняющиеся аномальные синкинезии могут ограничивать произвольную моторику и требуют инактивации. При этом рекомендуются ортопедическая фиксация, рефлексозапрещающие положения, терапия по Перфетти, использование роботизированных тренажеров на основе биологической обратной связи и виртуальной реальности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Традиционная классификация постинсультных двигательных синкинезий Мари — Фуа не имеет альтернатив, однако нуждается в дополнении. Целесообразно выделять следующие синкинезии: глобальные, респираторно-брахиальные, имитационные, координаторные и аномальные. Наиболее ценным материалом для методик кинезитерапии являются координаторные и аномальные синкинезии. В резидуальном периоде инсульта сохранившиеся аномальные синкинезии ограничивают произвольную моторику и требуют инактивации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глобальные синкинезии, имитационные синкинезии, координаторные синкинезии, проприоцептивное нервно-мышечное облегчение, реабилитация

Для цитирования / For citation: Петров К.Б., Митичкина Т.В. Постинсультные синкинезии: клинико-реабилитационные аспекты. Обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):75–83. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-75-83> [Petrov K.B., Mitichkina T.V. Post-Stroke Synkinesis: Clinical and Rehabilitation Aspects. A Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):75–83. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-75-83> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Петров Константин Борисович, E-mail: kon3048006@yandex.ru, postmaster@ngiuv.ru

Статья получена: 04.06.2024
Статья принята к печати: 16.09.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

Post-Stroke Synkinesis: Clinical and Rehabilitation Aspects. A Review

 Konstantin B. Petrov*,  Tatiana V. Mitichkina

Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians — Branch Campus of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Novokuznetsk, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Involuntary associated movements (synkinesis) are a common occurrence in post-stroke patients. In Russia, the Marie-Foy classification subdivides these movements into global, imitative, and coordinator types. In the English-language literature, they are referred to as “motor irradiation,” “motor overflow,” “mirror movements,” “abnormal communication,” and others. Despite attempts to utilize synkinesis as a means of restoring function in paretic limbs, their rehabilitative value is still insufficiently investigated.

AIM. Based on literature data, to study the features of pathological synkinesis in post-stroke patients, and to evaluate the possibility of their use to optimize rehabilitation methods (kinesitherapy).

MATERIALS AND METHODS. The bibliographic search was carried out in PubMed, Web of Science, and Scopus databases. The following keywords were used: global synkinesis, mirror synkinesis, motor irradiation, abnormal coactivation, PNF, rehabilitation. The review focused on English-language controlled randomized trials and reviews over the past 20 years. A total of 152 sources were reviewed, 77 of which met predefined criteria and were selected for the narrative review.

RESULTS AND DISCUSSION. The analysis of the literature indicates that basic traditional classification of post-stroke Marie-Foy synkinesis should be preserved, but this requires some additions. The following types of post-stroke synkinesis should be considered: global, respiratory-brachial, imitation, coordinator and anomalous. In addition to kinesiotherapy via proprioceptive neuromuscular facilitation, these techniques can be employed in conjunction with various other methods, including functional electrical stimulation, bilateral training, mirror therapy, Taub restrictive therapy, and others. Coordinating and abnormal synkinesis have the greatest rehabilitation value. In the residual period of a stroke, persistent abnormal synkinesis may limit voluntary motor skills and requires inactivation. In this case, orthopaedic fixation, reflex-suppressive positions, Perfetti therapy, biofeedback and virtual reality robotic simulators are recommended.

CONCLUSION. The traditional Marie-Foy classification of post-stroke motor synkinesis has no alternatives but needs to be supplemented. It is advisable to distinguish the following types of synkinesis: global, respiratory-brachial, imitation, coordinator and anomalous global, respiratory-brachial, imitation, coordinator and anomalous. The most valuable material for kinesiotherapy techniques is coordination and anomalous synkinesis. In the residual period of stroke, the remaining abnormal synkinesis limits voluntary motor activity and requires inactivation.

KEYWORDS: global synkinesis, imitative synkinesis, coordination synkinesis, PNF, rehabilitation

For citation: Petrov K.B., Mitichkina T.V. Post-Stroke Synkinesis: Clinical and Rehabilitation Aspects. A Review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2025; 24(1):75–83. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-75-83> (In Russ.).

* **For correspondence:** Konstantin B. Petrov, E-mail: kon3048006@yandex.ru, postmaster@ngiu.ru

Received: 04.06.2024

Accepted: 16.09.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Инсульт является ведущей причиной смерти во всем мире, унося ежегодно около 5,5 млн жизней [1]. Прогнозируется, что к 2030 г. заболеваемость ишемическим инсультом на планете увеличится до 89,32 случаев на 100 000 населения [2]. От четверти до половины населения земного шара (от 24 % до 49 %), пережившего инсульт, имеет ту или иную степень инвалидности [3]. Таким образом, реабилитация постинсультных больных — одна из наиболее актуальных медицинских проблем.

Основные направления отечественного восстановительного лечения при остром нарушении мозгового кровообращения традиционно включают методики обучения пациентов элементарным двигательным функциям и навыкам (повороты в кровати, сидение, стояние, ходьба, пользование средствами гигиены и столовыми приборами) [4], что часто реализуется при помощи технических приспособлений, таких как роботизированная механотерапия, аппаратная вертикализация, биологическая обратная связь и т. п. [5]. Однако в условиях грубой гемиплегии, когда утрачены простейшие движения типа сгибания или разгибания конечности, эти слож-

ные и дорогие методики не всегда эффективны. В этой связи крайне актуально ознакомить врачей лечебной физкультуры, кинезитерапевтов, а также смежных специалистов с особенностями клинических проявлений различных содружественных движений в паретичных конечностях, а также с принципами их использования в реабилитационном процессе.

Известно, что при остром нарушении мозгового кровообращения в заинтересованных конечностях помимо нарушения произвольной моторики развивается гипотония и арефлексия. В течение нескольких дней эти симптомы постепенно сменяются спастичностью, патологическими рефлексамии, клонусами и синкинезиями [6–11].

Термин «синкинезия» был предложен Пьером Мари и Шарлем Фуа в 1916 г. [12]. Они разработали классификацию, включающую глобальные, имитационные и координаторные синкинезии. Глобальные синкинезии (ГС) обычно появляются первыми на фоне тяжелого моторного дефицита, сопровождаются выраженным гипертонусом мышц и часто перерастают в контрактуры [11, 13]. Имитационные синкинезии (ИС) характери-

зуются непроизвольным повторением движений здоровых конечностей парализованными гомологами [14]. Координаторные синкинезии (КС) представляют собой автоматизированные сокращения парализованных мышц при выполнении целенаправленных действий сохранными мышцами конечностей или туловища [13].

Сигне Бруннстрем [15–17] описала семь стадий восстановления моторики после инсульта:

- 1) гипотония мышц;
- 2) появление спастичности;
- 3) на фоне спастичности формируются синкинезии;
- 4) выраженность спастичности и синкинезий уменьшается, возникают первые произвольные движения;
- 5) пациент получает произвольный контроль над спастичностью и синкинезиями;
- 6) спастичность исчезает;
- 7) координация движений приближается к нормальной, функция восстанавливается.

Пациенты могут проходить через эти стадии с разной скоростью, но всегда последовательно и без пропусков, однако выздоровление может остановиться на любом из этапов [18].

Ранее мы провели анализ двигательных автоматизмов челюстно-лицевой области [19], а также патологических кистевых и стопных рефлексов [20] при заболеваниях нервной системы. Он показал, что эти содружественные движения могут быть успешно использованы при разработке методов кинезитерапии двигательных расстройств. В данной работе мы продолжаем исследование этой темы.

ЦЕЛЬ

На основании данных литературы изучить особенности патологических синкинезий у постинсультных больных, а также оценить возможность их применения для оптимизации методов реабилитации (кинезитерапии).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Библиографический поиск осуществлялся в базах данных PubMed, Web of Science и Scopus. Были использованы следующие ключевые слова: *global synkinesis, mirror synkinesis, motor irradiation, abnormal coactivation, PNF, rehabilitation*. Основное внимание уделено англоязычным контролируемым рандомизированным исследованиям и обзорам за последние 20 лет. Всего проанализировано 152 источника, 77 из них соответствовали заранее определенным критериям и были отобраны для составления описательного обзора.

Клинико-патогенетическая характеристика синкинезий

В современных англоязычных источниках понятие «синкинезия» (*synkinesis*) чаще используется для описания осложнений паралича Белла [21], а содружественные движения, вызванные поражением центральной нервной системы, обычно называются двигательной иррадиацией (*motor irradiation*) [22], двигательным переполнением (*motor overflow*) [23], зеркальными движениями (*mirror movements*) [11], аномальной коактивацией (*abnormal coactivation*) [24] или аномальной связью (*abnormal coupling*) [25]. Однако эти дефиниции не соответствуют классификации Мари — Фуа, что затрудняет анализ литературы.

Глобальные синкинезии (ГС)

ГС встречаются у 40–90 % пациентов, перенесших инсульт [26]. Они возникают только при выраженной спастичности и исчезают по мере восстановления мышечного тонуса (3–4-я стадия восстановления моторики после инсульта по С. Бруннстрем). ГС провоцируются сильным и длительным напряжением мышц (особенно проксимальных сгибателей [11, 22, 27]) здоровой стороны тела, туловища или шеи, а также под воздействием болевых раздражителей или интенсивного сжатия кисти или стопы. При этом парализованные конечности принимают характерную позу Вернике — Мана. Сила и амплитуда рефлекторного сокращения мышц при ГС равны или превышают произвольное сокращение. Все ГС имеют латентный период в несколько секунд и обладают тоническим характером. Разгибательные формы ГС чаще встречаются в согнутых конечностях, а сгибательные — в разогнутых [11, 13].

Клинические наблюдения и данные функциональной магнитно-резонансной томографии [13, 28] указывают на преобладающую активность контралатеральной премоторной области при ГС, также обсуждается их подкорковое происхождение [29].

Респираторно-брахиальные синкинезии

Респираторно-брахиальные синкинезии (РБС) — это непроизвольные движения, возникающие в результате таких спонтанных реакций, как глубокий вздох, кашель, зевота, чихание, смех, плач и потягивание. Эти проявления часто отождествляют с ГС, однако некоторые характерные особенности позволяют выделить их в отдельную группу.

РБС чаще всего наблюдаются в парализованной руке, в отличие от ГС они имеют клонический характер и могут появиться уже в первые сутки после инсульта на фоне гипотонии и арефлексии [13]. В англоязычной литературе их часто называют *Parakinesia Brachialis*. Отечественные неврологи хорошо знакомы с респираторно-мануальной синкинезией Боголепова (при кашле или глубоком вдохе наблюдается отведение паретичной руки, разведение пальцев кисти, оппозиция большого пальца) и синкинезией Галла (сгибание бедра и голени паретичной ноги в ответ на чихание, смех, плач, форсированное дыхание) [30].

РБС не зависят от уровня сознания и степени произвольной активности пораженной конечности. Начало дыхательного пароксизма сопровождается подъемом и часто отведением руки в плечевом суставе с полусогнутым или полностью разогнутым предплечьем. Иногда это сопровождается крупноразмашистым тремором. Пальцы обычно разогнуты и разведены, но могут быть сжаты в кулак. После окончания приступа конечность падает под собственным весом. В положении лежа на спине нога нередко может подниматься вместе с рукой. У некоторых пациентов аналогичная реакция вызывается ходьбой [31–36].

В нашей предыдущей работе [19] мы уже отмечали, что лицо, шея и рука значительно сильнее, чем другие части тела, вовлечены в разнообразные ствольные и подкорковые автоматизмы. Клинические и фармакологические исследования связывают дыхательные пароксизмы с гипоталамусом, который в свою очередь имеет проекции к продолговатому мозгу, мосту и шейному утолщению,

иннервирующему руку [36]. Зевоту можно рассматривать как примитивный вид дыхания, который, например у рыб, тесно связан с движениями передней части тела и плавников — будущих конечностей. В условиях диашиза эти древние связи растормаживаются [33, 37]. Интероцептивные РБС часто исчезают при формировании проприоцептивных содружественных движений [13].

Имитационные синкинезии (ИС)

ИС копируют волевые действия контралатеральной конечности, преобладавая в ее дистальных отделах, но могут быть и односторонними [11]. Гомолатеральные ИС возникают на стороне гемипареза, где активные движения, например кисти, вызывают немедленный зеркальный рефлекторный ответ в стопе [28, 38, 39]. Двусторонние ИС могут быть инициированы в одной или обеих паретичных конечностях активностью одной или обеих здоровых конечностей. Это может привести как к билатеральным, так и к диагональным сочетаниям [40]. Примером является синкинезия Стерлинга: активное приведение здорового плеча вызывает приведение или вращение внутрь парализованной руки у пациента со спастическим гемипарезом [30].

ИС появляются после регресса диашиза в начале второй стадии восстановления моторики по С. Бруннстрем и могут сохраняться от нескольких дней до нескольких недель. В отличие от ГС, двусторонние ИС развиваются на фоне умеренной спастичности и не приводят к тоническим задержкам. Кисть или стопа не застывают в приобретенной позе, а быстро возвращаются в исходное положение. При ИС реакция на больной стороне может опережать активные движения и зависит от исходной позы. Например, синкинезия проявляется при пронированном предплечье и замедляется в условиях супинации [13].

Известно, что для реализации ИС необходимы нарушения афферентной иннервации, возникающие при поражении теменной коры (особенно справа), таламуса, внутренней капсулы, мозжечка и задних столбов [11, 41, 42]. Истинные ИС следует отличать от заместительной и компенсаторной активности в здоровых конечностях, которая возникает при попытке двигать парализованной (ампутированной) рукой или ногой [14, 43]. Также описаны врожденные зеркальные синкинезии [44].

Координаторные синкинезии (КС)

КС возникают на фоне гиперрефлексии и спастичности. Важно, чтобы хотя бы часть мышц паретичной конечности обладала способностью к произвольной активности [45]. Все эти условия обычно создаются на 3–4-й стадии восстановления моторики после инсульта по С. Бруннстрем.

КС предшествуют защитные рефлексы. Например, если в первые дни после инсульта на укол подошвы возникает защитный рефлекс в виде сгибания ноги и супинации стопы, то впоследствии при попытке согнуть конечность в тазобедренном суставе развивается реакция тройного укорочения, инициируемая раздражением проприорецепторов подвздошно-поясничной мышцы [13].

В рамках клинической неврологии описаны различные варианты КС [30]: брахиорадиальная, плече-пальцевая [45], пальце-локтевая [46], большого и указательного пальцев [47], абдукторная синкинезия Мари, аб-

дукторная и аддукторная синкинезии Раймиста, перекрестная разгибательная синкинезия Филиппсона, синкинезии Сукэ, Логре, Бабинского, Гувера, Нери и др. [48]

Для реализации КС необходимо наличие неравномерного пареза конечностей, который усиливается в дистальном направлении. Это объясняется нейроанатомически. Все церебральные нисходящие двигательные пути в спинном мозге объединяются в две системы: латеральную и медиальную. Латеральная система включает перекрещенный пирамидный и руброспинальный тракты (последний у человека не развит) и обеспечивает корковую (сознательную) иннервацию преимущественно дистальных мышц конечностей. В медиальную систему, помимо неперекрещенного пирамидного пути, включены ретикулоспинальный и вестибулоспинальный тракты, которые передают неосознанные (автоматизированные) двигательные реакции для мышц туловища, шеи и верхних сегментов конечностей. При полушарном инсульте в первую очередь страдает более длинная латеральная система, в то время как медиальная остается относительно неповрежденной, что приводит к преобладанию дистальных парезов [6, 45].

У многих пациентов, перенесших инсульт, синкинетические реакции не сопровождаются видимыми движениями конечностей, однако предпосылки к ним всегда присутствуют на субклиническом уровне. Электромиографические исследования показывают, что максимальное произвольное сокращение мышц плеча здоровой руки вызывает увеличение биоэлектрической активности как в нижней конечности на той же стороне, так и в обеих паретичных конечностях [49]. При этом наиболее сильные содружественные реакции инициируются противоположными проксимальными сгибателями [22, 45, 47]. Этот факт обосновывает использование проксимальных гомо- и контралатеральных синергистов для активации паретических мышц.

Аномальные синкинезии (АС)

Аномальные синкинезии (АС) наблюдаются во время восстановления произвольных движений у постинсультных пациентов, когда они пытаются стоять, передвигаться и манипулировать предметами. Источниками АС могут быть «осколки» ГС, ИС или КС [11, 25], а также двигательные автоматизмы, порожденные aberrантной пластичностью центральной нервной системы [50–52]. Как правило, АС существенно ограничивают активность пациентов, однако в определенных случаях они могут обладать реабилитационным потенциалом [53, 54].

Нужно отметить, что даже после инсульта средней тяжести восстановление произвольной моторики далеко от нормы. Большинство исследователей отмечает, что из-за уменьшения числа нисходящих путей вновь обретенные двигательные стереотипы характеризуются сокращением числа ранее доступных синергий [55–57]. Например, здоровые люди при ходьбе используют не менее четырех мышечных синергий, в то время как в паретичной нижней конечности это число может снизиться до двух [58].

Биомеханические и электромиографические исследования показывают, что у больных с АС при ходьбе разгибание бедра часто вызывает его рефлекторную внутреннюю ротацию, экстензию голени, подошвенную

флексию и пронацию стопы [24, 59], сгибание же бедра, наоборот, провоцирует его наружную ротацию и отведение, сгибание голени, тыльную flexию и супинацию стопы [53, 59]. При попытке отвести плечо (особенно при наличии внешнего сопротивления) активируются супинаторы и сгибатели предплечья, а также сгибатели кисти и пальцев. Аналогичное приведение плеча способствует пронации и разгибанию предплечья и кисти, а также сгибанию пальцев [25, 45, 56, 60–62]. У некоторых пациентов с АС наблюдаются одновременные сокращения синергистов и антагонистов, например, попытка разогнуть пальцы кисти вызывает произвольное сокращение их сгибателей [63]. Считается, что наибольший вклад в такие аномальные коактивации вносят двусуставные мышцы: длинная головка бицепса, плечелучевая, икроножная и ишиокруральные [24, 45, 60]. Обычно АС наблюдаются в пределах одной конечности.

На основе клинического опыта С. Бруннстрем [17, 64] предложила объединить все часто встречающиеся в рамках АС движения на верхних и нижних конечностях в два паттерна — сгибательную и разгибательную синергии. Их проксимальные компоненты обычно осуществляются произвольно, а дистальные — активируются рефлекторным путем.

Сгибательная синергия руки — подъем лопатки, отведение и наружная ротация плеча, супинация и сгибание до острого угла предплечья, сгибание кисти и пальцев.

Разгибательная синергия руки — опускание лопатки, сгибание, приведение и внутренняя ротация плеча, разгибание и пронация предплечья, сгибание кисти и пальцев.

Сгибательная синергия ноги — отведение и наружная ротация бедра, сгибание голени, тыльная flexия и супинация стопы, а также разгибание и веерообразное разведение пальцев.

Разгибательная синергия ноги — разгибание, приведение и внутренняя ротация бедра, разгибание голени, подошвенная flexия стопы и пальцев.

Роль синкинезий в реабилитационном процессе

Двигательные синкинезии, проявляющиеся явно или в скрытой форме, давно используются в медицинской практике. Они особенно полезны в методах кинезотерапии, основанных на принципе проприоцептивного нервно-мышечного облегчения: сокращение более сильной проксимальной мускулатуры вызывает активность парализованных дистальных мышц [29, 51].

Однако реабилитационная ценность различных синкинезий неоднозначна. РБС, ГС и ИС обычно наблюдаются в острый период инсульта у пациентов с тяжелым соматическим состоянием, они часто затормаживаются при попытке повторного их воспроизведения. РБС присущ недостаток всех физических реакций: из-за малой продолжительности и быстрого истощения они оказывают слабое стимулирующее влияние на центры паретичных мышц [19]. ГС практически не способствуют отведению плеча, супинации предплечья и сгибанию ноги и могут привести к контрактуре Вернике — Мана. Спонтанные ИС встречаются редко и не сохраняются надолго.

Таким образом, для методик проприоцептивного нервно-мышечного облегчения наиболее перспектив-

ным материалом остаются КС и АС. В первом случае кинезотерапевт должен уметь выявить у больного хотя бы минимальные проявления какой-либо из КС, во втором — можно использовать стандартные синергии по С. Бруннстрем.

Принцип проприоцептивного нервно-мышечного облегчения предполагает выделение так называемых сильных компонентов движения в рамках конкретных синкинезий или синергий. Обычно они сводятся к приведению (реже отведению), сгибанию и внутренней ротации бедра или плеча, разгибанию голени, пронации и сгибанию предплечья. Выполняя их с напряжением или против внешнего сопротивления, можно значительно облегчить сокращение паретичной мускулатуры [45, 54]. Например, при использовании в качестве основы для реабилитации синкинезии Сукэ противодействие сгибанию и отведению плеча облегчает разведение и разгибание пальцев; препятствование flexии бедра в рамках сгибательной синергии ноги способствует тыльному сгибанию и супинации стопы, а также разгибанию пальцев.

Кроме проприоцептивного нервно-мышечного облегчения, эффективным способом активации мышц через содружественные реакции является функциональная электростимуляция. Наиболее успешное применение этого метода достигается при ходьбе пациентов по тредбану с частичной разгрузкой веса тела [65]. Также возможно использование функциональной электростимуляции в пределах одной конечности [66, 67].

Наличие устойчивых межконечностных взаимосвязей в рамках ГС, ИС и КС обосновывает применение билатеральных тренировок [49]. Этот принцип реализуется в методе зеркальной терапии и при занятиях на роботизированных велотренажерах. Имеются данные о том, что контралатеральная чрескожная электронейростимуляция нервов, электропунктура или анестезия здоровой руки улучшают ловкость паретичной руки путем снижения транскаллезного торможения [68–70].

Использование синкинезий и синергий эффективно только при полном параличе в дистальных сегментах конечностей. Как только мышцы, подлежащие реабилитации, начинают проявлять хотя бы минимальное произвольное усилие, следует перейти к традиционным упражнениям без нагрузки, с частичным противодействием и т. д. Также в этом случае эффективны метод Перфетти и ограничительная терапия по Таубу [71].

Двигательная реабилитация — диалектический процесс. Когда физические возможности больного достигают 4-й стадии по С. Бруннстрем, АС из помощника кинезотерапевта превращаются в фактор, существенно ограничивающий произвольную моторику, и подлежат инактивации. Для их устранения используются следующие методы: сознательное подавление синкинезий; ортопедическая фиксация с помощью лонгет, эластичного бинта или ортопедической обуви одного или двух суставов; специальные противосодружественные упражнения, направленные на разрушение патологического стереотипа [72]. Например, для устранения сгибательной синергии в руке инструктор постепенно увеличивает нагрузки на отведение плеча [73]. В случае АС в паретичной ноге практикуется функциональная ходьба с одновременной манипуляцией предметами, чтением газеты, ударами ногой по мячу и т. п. Также ре-

комендуются занятия на эллиптическом тренажере или степпере [74].

При тренировке нижней конечности на стороне гемипареза, чтобы избежать усиления сгибательно-приводящей реакции в гомолатеральной руке, ей необходимо придать положение полусгибания и полупронации. При аналогичных нагрузках на руку, гомолатеральное бедро должно быть отведено кнаружи, а голень согнута до тупого угла [75]. Рекомендуется избегать напряжения или растяжения двух- и многосуставных мышц [76]. В постинсультной реабилитации полезно использовать метод Перфетти и роботизированные тренажеры на основе биологической обратной связи и виртуальной реальности [70]. Залогом успешного восстановления является продолжительность тренировок не менее 45–60 минут в день [77].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У людей, перенесших инсульт, часто возникают произвольные содружественные движения (синкинезии). Мы провели анализ мировой литературы с целью дать им клинко-патогенетическую характеристику и оценить возможность их использования для улучшения методов реабилитации. За основу была взята классификация Мари — Фуа (1916), которая делит синкинезии на глобальные, имитационные и координаторные. Однако мы обнаружили, что в современной англоязычной литературе эти термины практически не применяются, вместо них используются такие определения, как «двигательная иррадиация», «моторное переполнение», «зеркальные движения», «аномальная связь» и другие, что затруднило анализ литературных данных. Тем не менее мы пришли к выводу, что классификация Мари — Фуа остается наилучшим вариантом благодаря своей ясности и патогенетической направленности, однако она требует некоторых дополнений. Мы считаем целесообразным учитывать следующие варианты двигательных синкинезий:

1. ГС возникают на фоне сильной спастичности и вызываются значительным напряжением мышц здоровой стороны тела. Все ГС имеют тонический характер, а парализованные конечности, в которых они возникают, часто принимают типичную позу Вернике — Мана. Сила и амплитуда рефлекторного сокращения мышц при ГС обычно равны или даже превышают запускающее их произвольное сокращение.

2. РБС возникают при глубоком вдохе, кашле, зевоте или чихании. Они чаще проявляются в парализованной руке, имеют физической характер и могут возникать при мышечной гипотонии. Обычно дыхательный пароксизм сопровождается поднятием плеча. В положении лежа на спине нога может подниматься вместе с рукой.

3. ИС копируют волевые движения другой конечности, расположенной как гомо-, так и контралатерально гемипарезу. Нередко они распространяются на обе паретичные конечности. ИС появляются после уменьшения диализа, могут сохраняться от нескольких дней до нескольких недель и не склонны к тоническим задержкам. Для их проявления необходимо наличие нарушения афферентной иннервации (поражение теменной коры, таламуса, внутренней капсулы, мозжечка, задних столбов).

4. КС развиваются в дистальных сегментах паретичной конечности, сочетаясь с гиперрефлексией и спа-

стичностью. Непременным условием для их реализации является неравномерность пареза конечности, который усиливается в дистальном направлении. Электромиографические исследования подтверждают целесообразность использования проксимальных гомо- и контралатеральных синергистов для активации паретичных мышц.

5. АС наблюдаются в фазе восстановления произвольной моторики. Их источниками являются остаточные проявления ГС, ИС или КС, а также содружественные движения, вызванные аберрантной нейропластичностью. Типичные для верхней и нижней конечности АС объединяются в две группы, называемые сгибательной и разгибательной синергиями. Их проксимальные компоненты обычно выполняются произвольно, а дистальные активируются рефлекторным путем.

Двигательные синкинезии давно пытаются использовать при кинезитерапии парезов и параличей. Однако их реабилитационная ценность не одинакова. РБС, ГС и ИС обычно наблюдаются у пациентов с тяжелым соматическим состоянием и не всегда могут быть воспроизведены стабильно. К тому же РБС быстро истощаются; ГС не способствуют отведению плеча, супинации предплечья и сгибанию ноги, а также могут привести к контрактурам; ИС встречаются редко и не сохраняются надолго. Поэтому наиболее перспективными для методик проприоцептивного нервно-мышечного облегчения являются КС и АС.

Кроме проприоцептивного нервно-мышечного облегчения, эффективными методами активации мышц через содружественные реакции являются функциональная электростимуляция, билатеральные тренировки, зеркальная терапия, ограничительная терапия по Таубу и др.

АС, самопроизвольно не угасшие в поздний и резидуальный периоды инсульта, могут ограничивать произвольную моторику и требуют инактивации. В таких случаях рекомендуется избегать напряжения или растяжения двух- и многосуставных мышц, использовать ортопедическую фиксацию и рефлексозапрещающие положения конечностей, а также применять терапию по методу Перфетти и роботизированные тренажеры.

Ограничение исследования

Следует подчеркнуть, что описанные содружественные движения являются синдромами полушарных поражений. Оправдано их использование при реабилитации последствий острого нарушения мозгового кровообращения или черепно-мозговой травмы, однако данный подход совершенно не применим, например, при спинальной спастической параплегии или вялых параличах любой этиологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Традиционная классификация постинсультных двигательных синкинезий Мари — Фуа не имеет альтернатив, однако нуждается в дополнении. Целесообразно выделять следующие синкинезии: глобальные, респираторно-брахиальные, имитационные, координаторные и аномальные. Наиболее ценным материалом для методик кинезитерапии являются КС и АС. В резидуальный период инсульта сохранившиеся АС ограничивают произвольную моторику и требуют инактивации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Петров Константин Борисович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лечебной физкультуры и физиотерапии, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России.

E-mail: 79059109919@yandex.ru, postmaster@ngiu.ru;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6246-8811>

Митичкина Татьяна Викентьевна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры лечебной физкультуры и физиотерапии, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6510-0369>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующими образом: Петров К.Б. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи, руководство проектом; Митичкина Т.В. — обеспечение материалов для исследования. **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 запросу у соответствующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Konstantin B. Petrov, D.Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Physical Therapy, Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians — Branch Campus of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.

E-mail: 79059109919@yandex.ru, postmaster@ngiu.ru;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6246-8811>

Tatiana V. Mitichkina, Ph.D. (Med.), Docent, Assistant Professor at the Department of Physical Therapy, Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians — Branch Campus of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6510-0369>

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: Petrov K.B. — writing — original draft, writing review and editing, project administration; Mitichkina T.V. — resources.

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

1. Ключихина О.А., Шпрах В.В., Стаховская Л.В. и др. Показатели заболеваемости инсультом и смертности от него на территориях, вошедших в Федеральную программу реорганизации помощи пациентам с инсультом. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2021; 121(3–2): 22–28. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112103222> [Klochihina O.A., Shprakh V.V., Stakhovskaya L.V. et al. Indicators of stroke morbidity and mortality from stroke in the territories included in the Federal program of caring for patients with stroke. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2021; 121(3–2): 22–28. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112103222> (In Russ.).]
2. Pu L., Wang L., Zhang R. et al. Projected Global Trends in Ischemic Stroke Incidence, Deaths and Disability-Adjusted Life Years From 2020 to 2030. Stroke. 2023; 54(5): 1330–1339. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.122.040073>
3. Carmo J.F., Morelato R.L., Pinto H.P. et al. Disability after stroke: a systematic review. Fisioterapia Em Movimento. 2015; 28(2): 407–418. <https://doi.org/10.1590/0103-5150.028.002.AR02>
4. Соломченко М.А., Головкин Д.И. Применение средств лечебной физической культуры при лечении больных инсультом. Ученые записки Орловского Государственного Университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2012; 1: 388–395. [Solomchenko M.A., Golovkin D.I. Application of means of medical physical training for rehabilitation of patients with a stroke. Scientific notes of Orel State University. Series: Humanities and social sciences. 2012; 1: 388–395 (In Russ.).]
5. Сидякина И.В., Воронова М.В., Снопков П.С. и др. Современные методы реабилитации постинсультных больных. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2014; 114(12–2): 76–80. <https://doi.org/10.17116/jnevro201411412276-80> [Sidiakina I.V., Voronova M.V., Snopkov P.S. et al. Methods of rehabilitation for poststroke patients. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2014; 114(12–2): 76–80. <https://doi.org/10.17116/jnevro201411412276-80> (In Russ.).]
6. Li S. Spasticity, Motor Recovery, and Neural Plasticity after Stroke. Frontiers in Neurology. 2017; 8: 120. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00120>
7. Sunnerhagen K.S., Opheim A., Alt Murphy M. Onset, time course and prediction of spasticity after stroke or traumatic brain injury. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. 2019; 62(6): 431–434. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.04.004>
8. Trompetto C., Marinelli L., Mori L. et al. Pathophysiology of Spasticity: Implications for Neurorehabilitation. BioMed Research International. 2014; 354906. <https://doi.org/10.1155/2014/354906>
9. Ko H.Y. Revisit Spinal Shock: Pattern of Reflex Evolution during Spinal Shock. Korean Journal of Neurotrauma. 2018; 14(2): 47–54. <https://doi.org/10.13004/kjnt.2018.14.2.47>
10. Sheean G. The pathophysiology of spasticity. European Journal of Neurology. 200; 9: 53–61. <https://doi.org/10.1046/j.1468-1331.2002.0090s1003.x>
11. Boissy P., Bourbonnais D., Kaegi C. et al. Characterization of global synkineses during hand grip in hemiparetic patients. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1997; 78(10): 1117–1124. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(97\)90138-6](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(97)90138-6)

12. Marie P, Foix C. Les syncinésies des hémiplégiques: étude sémiologique et classification. *Revue Neurologique* (Paris). 1916; 29: 3–27.
13. Боголепов Н.К. Нарушения двигательных функций при сосудистых поражениях головного мозга. Москва: МЕДГИЗ. 1953; 401 с. [Bogolepov N.K. Disruptions of the elevator functions in the concomitant defeats of the human brain. Moscow: MEDGIZ. 1953; 401 p. (In Russ.)]
14. Архипов Б.А. Синкинезии. Ассоциация специалистов сенсорной интеграции. Доступно на: <http://sensint.ru/articles/baarhipov-2002g-sinkinezii> (Дата обращения: 05.04.2024) [Arkhipov B.A. Synkinesias. Association of Sensory Integration Specialists. Available at: <http://sensint.ru/articles/baarhipov-2002g-sinkinezii> (Accessed: 05.04.2024) (In Russ.)]
15. Brunnstrom Movement Therapy. *Physiopedia*. (Accessed: 05.04.2024). Available at: https://www.physio-pedia.com/Brunnstrom_Movement_Therapy?utm_source=physiopedia&utm_medium=related_articles&utm_campaign=ongoing_internal
16. What are the Brunnstrom Stages of Stroke Recovery? *Neofect*. (Accessed: 05.04.2024). Available at: <https://www.neofect.com/us/blog/understanding-the-brunnstrom-stages-of-stroke-recovery>
17. Houglum P.A., Bertoti D.B. *Brunnstrom's Clinical Kinesiology*. 6th Ed. Philadelphia, 2012. 744 p.
18. Brunnstrom S. Motor testing procedures in hemiplegia: based on sequential recovery stages. *Physical Therapy*. 1966; 46(4): 357–375. <https://doi.org/10.1093/ptj/46.4.357>
19. Петров К.Б., Ивонина Н.А., Митичкина Т.В. Двигательные автоматизмы челюстно-лицевой области: лекция. *Вестник восстановительной медицины*. 2022; 21(6): 145–155. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-6-145-155> [Petrov K.B., Ivonina N.A., Mitichkina T.V. Motoric Automatism of the Maxillofacial Region: a Lecture. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21(6): 145–155. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-6-145-155> (In Russ.)]
20. Петров К.Б., Митичкина Т.В., Ивонина Н.А. Патологические рефлексы и их реабилитационное значение: краткое сообщение. *Коморбидная неврология*. 2024; 1(1): 88–92. [Petrov K.B., Mitichkina T.V., Ivonina N.A. Abnormal Reflexes and their Rehabilitation Significance: Short Communication. *Comorbidity Neurology*. 2024; 1(1): 88–92 (In Russ.)]
21. Pashov A. Paradigm shift in rehabilitation of long-standing Bell's palsy during later stages of recovery. *Fundamental and applied research in practice of leading scientific schools*. 2018; 2(26): 294–298.
22. Hwang I.S., Tung L.C., Yang J.F. et al. Analyses of Global Synkinesis in the Paretic Upper Limb After Stroke. *Physical Therapy*. 2005; 85(8): 755–765. <https://doi.org/10.1093/ptj/85.8.755>
23. Cleland B.T., Madhavan S. Motor overflow in the lower limb after stroke: Insights into mechanisms. *European Journal of Neuroscience*. 2022; 56(4): 4455–4468. <https://doi.org/10.1111/ejn.15753>
24. Dyer J.O., Maupas E., Melo S.deA. et al. Abnormal coactivation of knee and ankle extensors is related to changes in heteronymous spinal pathways after stroke. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2011; 8(41): 2–13. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-41>
25. Santello M., Lang C.E. Are movement disorders and sensorimotor injuries pathologic synergies? When normal multi-joint movement synergies become pathologic. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2015; 8: 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01050>
26. Kim Y.H., Jang S.H., Chang Y. et al. Bilateral primary sensori-motor cortex activation of post-stroke mirror movements: an fMRI study. *NeuroReport*. 2003; 14(10): 1329–1332. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000078702.79393.9b>
27. Kang J., Kim H., Jeong D. Correlation between Affected Arm Muscle Activity and Global Synkinesis in Patients with Stroke. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*. 2019; 10(3): 1856–1861.
28. Salardini A., Narayanan N.S., Arora J. et al. Ipsilateral synkinesis involves the supplementary motor area. *Neuroscience Letters*. 2012; 523(2): 135–138. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.06.060>
29. Chen Y.T., Li S., Magat E. et al. Motor Overflow and Spasticity in Chronic Stroke Share a Common Pathophysiological Process: Analysis of Within-Limb and Between-Limb EMG-EMG Coherence. *Frontiers in Neurology*. 2018; 9: 795. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00795>
30. Никифоров А.С. *Неврология. Полный толковый словарь*. Москва: Эксмо, 2010. 464 с. [Nikiforov A.S. *Neurology: a complete explanatory dictionary*. Moscow: Eksmo, 2010. 464 p. (In Russ.)]
31. Farah M., Barcellos I., Boschetti G. et al. Parakinesia Brachialis Oscitans: A Case Report. *Movement*. 2015; 2(4): 436–437. <https://doi.org/10.1002/mdc3.12234>
32. Koo B., Wang E. Parakinesia Brachialis Oscitans after an Acute Internal Capsule Infarct. *Neurology*. 2016; 86(suppl. 16): P1.014. https://doi.org/10.1212/WNL.86.16_supplement.P1.014
33. Walusinski O., Neau J.P., Bogousslavsky J. Hand up! Yawn and Raise Your Arm. *International Journal of Stroke*. 2010; 5(1): 21–27. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2009.00394.x>
34. Irmady K., Jabbari B., Louis E.D. Arm Posturing in a Patient Following Stroke: Dystonia, Levitation, Synkinesis, or Spasticity? *Tremor and Other Hyperkinetic Movements*. 2015; 5: 353. <http://doi.org/10.5334/tohm.260>
35. Kang K., Lee W.W., Kwon O. et al. Unilateral arm flapping gait as a manifestation of synkinesis following recurrent strokes. *Neurology India*. 2018; 66(5): 1493–1494. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.241358>
36. Mulley G. Associated reactions in the hemiplegic arm. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 1982; 14(3): 117–120.
37. Campbell Thomson H. Associated movements in hemiplegia: their origin and physiological significance. *Brain*. 1903; 26 (4): 514–523. <https://doi.org/10.1093/brain/26.4.514>
38. Valls J. The utility of electrodiagnostic tests for the assessment of medically unexplained weakness and sensory deficit. *Clinical Neurophysiology Practice*. 2016; 1: 2–8. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2016.02.002>
39. Park I.S., Song I.U., Lee S.B. et al. Mirror movements and involuntary homolateral limb synkinesis in a patient with probable Creutzfeldt-Jakob disease. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2009; 111(4): 380–383. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2008.11.005>
40. Parmera J.B., Brucki S.M., Coutinho A.M. et al. Foot-Hand Synkinesis in Corticobasal Syndrome: Single Clinical Feature with Distinct Molecular Imaging Biomarkers. *Movement Disorders Clinical Practice*. 2021; 8(3): 491–492.
41. Needham M., Loy C., MacAnally L. et al. Homolateral imitative synkinesis: A forgotten sign. In: XVIII World Congress of Neurology. 5–11 November 2005. Sydney. Australia. 2005; 238(suppl. 1): S47–S48. [https://doi.org/10.1016/S0022-510X\(05\)80189-3](https://doi.org/10.1016/S0022-510X(05)80189-3)
42. Hoy K.E., Fitzgerald P.B., Bradshaw J.L. et al. Investigating the cortical origins of motor overflow. *Brain Research Reviews*. 2004; 46(3): 315–327. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2004.07.013>
43. Gaddis A., Rosch K.S., Dirlikov B. et al. Motor overflow in children with attention-deficit/hyperactivity disorder is associated with decreased extent of neural activation in the motor cortex. *Psychiatry Research*. 2015; 233(3): 488–495. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.08.001>
44. Franz E.A., Chiaroni-Clarke R., Woodrow S. et al. Congenital mirror movements: phenotypes associated with DCC and RAD51 mutations. *Journal of the Neurological Sciences*. 2015; 351(1–2): 140–145. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2015.03.006>
45. McPherson L.M., Dewald J.P. Abnormal synergies and associated reactions post-hemiparetic stroke reflect the neuroanatomy of brainstem motor pathways. *Frontiers in Neurology*. 2022; 13: 934670. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.934670>

46. Brunnstrom S., Lehmkuhl L.D. Brunnstrom`s Clinical Kinesiology. Philadelphia: F.A. Davis Company; 6th Revised Ed. 2012. 575 p.
47. Jones C.L., Kamper D.G. Involuntary Neuromuscular Coupling between the Thumb and Finger of Stroke Survivors during Dynamic Movement. *Frontiers in Neurology*. 2018; 8(9). <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00084>
48. Michael D., Lorenz B.S. *Handbook of Veterinary Neurology*. 5th Ed. Saunders. 2011. 560 p.
49. Chang S.H., Durand-Sanchez A., DiTommaso C. et al. Interlimb interactions during bilateral voluntary elbow flexion tasks in chronic hemiparetic stroke. *Physiological Reports*. 2013; 1(1): e00010. <https://doi.org/10.1002/phy2.10>
50. Liu G., Chia C.H., Wang W.N. et al. The Muscle Activation Differences in Post-Stroke Upper Limb Flexion Synergy Based on Spinal Cord Segments: A Preliminary Proof-of-Concept Study. *Frontiers in Neurology*. 2021; 12:598554. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.598554>
51. Петров К.Б., Ивонина Н.А., Митичкина Т.В. Основные этапы развития кинезитерапии. *Вестник восстановительной медицины*. 2020; 6 (100): 100–107. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-100-107> [Petrov K.B., Ivonina N.A., Mitichkina T.V. Main Stages in the Development of Kinesiotherapy (Lecture). *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 6 (100): 100–107. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-100-107> (In Russ.)]
52. McMorland A.J., Runnalls K.R., Byblow W.D. A neuroanatomical framework for upper limb synergies after stroke. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2015; 9:1–6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00082>
53. Sakuma K., Ohata K., Izumi K. et al. Relation between abnormal synergy and gait in patients after stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2014; 11: 141. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-141>
54. Denslow E. How to Overcome Synergistic Movement After Stroke (When One Movement Leads to Many). *Flint Rehab*. Available at: <https://www.flintrehab.com/synergistic-movement-stroke/> (Accessed: 05.04.2024).
55. Dewald J.P., Pope P.S., Given J.D. et al. Abnormal muscle coactivation patterns during isometric torque generation at the elbow and shoulder in hemiparetic subjects. *Brain*. 1995; 118(2): 495–510. <https://doi.org/10.1093/brain/118.2.495>
56. Van Crielinge T., Vermeulen J., Wagemans K. et al. Lower limb muscle synergies during walking after stroke: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*. 2020; 42(20): 2836–2845. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1578421>
57. Петров К.Б. Неспецифические рефлекторно-мышечные синдромы при патологии двигательной системы. *Новокузнецк: Полиграфист*, 2019. 274 с. [Petrov K.B. nonspecific reflex-muscular syndrome in pathology propulsion system. *Novokuznetsk: Polygraphist*, 2019. 274 p. (In Russ.)]
58. Julius P.A., Dewald P.S., Pope J.D. et al. Abnormal muscle coactivation patterns during isometric torque generation at the elbow and shoulder in hemiparetic subjects. *Brain*. 1995; 118(2): 495–510. <https://doi.org/10.1093/brain/118.2.495>
59. Thelen D.D., Riewald S.A., Asakawa D.S. et al. Abnormal coupling of knee and hip moments during maximal exertions in persons with cerebral palsy. *Muscle Nerve*. 2003; 27: 486–493. <https://doi.org/10.1002/mus.10357>
60. Lamontagne A., Richards C., Malouin F. Coactivation during gait as an adaptive behavior after stroke. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2000; 10(6): 407–415. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00028-6)
61. Phan T., Nguyen H., Vermillion B.C. et al. Abnormal proximal-distal interactions in upper-limb of stroke survivors during object manipulation: A pilot study. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2022; 16: 1022516. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.1022516>
62. Reisman D.S., Scholz J.P. Aspects of joint coordination are preserved during pointing in persons with post-stroke hemiparesis. *Brain*. 2003; 126(11): 2510–2527. <https://doi.org/10.1093/brain/awg246>
63. Sheng W., Li S., Zhao J. et al. Upper Limbs Muscle Co-Contraction Changes Correlated with the Impairment of the Corticospinal Tract in Stroke Survivors: Preliminary Evidence from Electromyography and Motor-Evoked Potential. *Frontiers in Neuroscience*. 2022; 16: 886909. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.886909>
64. Pedretti L.W., Pendleton H.M., Schultz-Krohn W. *Pedretti's occupational therapy: practice skills for physical dysfunction*. 6th Ed. Mosby/Elsevier, 2006. 1280 p.
65. Lindquist A.R., Prado C.L., Barros R.M. et al. Gait Training Combining Partial Body-Weight Support, a Treadmill, and Functional Electrical Stimulation: Effects on Poststroke Gait. *Physical Therapy*. 2007; 87 (9): 1144–1154. <https://doi.org/10.2522/ptj.20050384>
66. Sousa A.S.P., Moreira J., Silva C. et al. Usability of Functional Electrical Stimulation in Upper Limb Rehabilitation in Post-Stroke Patients: a narrative review. *Sensors*. 2022; 22: 1409. <https://doi.org/10.3390/s22041409>
67. Niu C.M., Bao Y., Zhuang C. et al. Synergy-Based FES for Post-Stroke Rehabilitation of Upper-Limb Motor Functions. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2019; 27(2): 256–264. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2019.2891004>
68. Hijmans J.M., Hale L.A., Satherley J.A. et al. Bilateral upper-limb rehabilitation after stroke using a movement-based game controller. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 2011; 48(8): 1005–1013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22068375/>
69. Oujamaa L., Relave I., Froger J. et al. Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2009; 52(3): 269–293. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2008.10.003>
70. Hatem S.M., Saussez G., Della Faille M. et al. Rehabilitation of Motor Function after Stroke: A Multiple Systematic Review Focused on Techniques to Stimulate Upper Extremity Recovery. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2016; 10: 442. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00442>
71. Петров К.Б., Ивонина Н.А. Авторские методы кинезитерапии в нейрореабилитации. *Consilium Medicum*. 2018; 20(2): 96–100. [Petrov K.B., Ivonina N.A. Author's methods of kinesiotherapy in neurorehabilitation. *Consilium Medicum*. 2018; 2(20): 96–100 (In Russ.)]
72. Кадыков А.С., Шахпаронова Н.В. Упражнения с легким дозированным сопротивлением. Доступно на: <https://neuroreab.ru/article/uprazhneniya-s-legkim-dozirovannym-soprotivleniem/> (Дата обращения: 12.02.2024). [Kadykov A.S., Shakhparonova N.V. Exercises with light dosed resistance. Available at: <https://neuroreab.ru/article/uprazhneniya-s-legkim-dozirovannym-soprotivleniem/> (Accessed 12.02.2024) (In Russ.)]
73. Ellis M., Holubar B., Acosta A.M. et al. Modifiability of abnormal isometric elbow and shoulder joint torque coupling after stroke. *Muscle & nerve*. 2005; 32: 170–178. <https://doi.org/10.1002/mus.20343>
74. Arya K.N., Pandian S. Interlimb neural coupling: Implications for poststroke hemiparesis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2014; 57(9–10): 696–713. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2014.06.003>
75. Гербер М., Имхоф У. Тренировка выносливости и силы у пациентов с органическим поражением центральной нервной системы в рамках современного концепта по Бобат. ЛФК и массаж. 2006; 27(3): 48–54. [Gerber M., Imkhof U. Training of endurance and strength in patients with organic lesions of the central nervous system in the framework of the modern concept according to Bobath. LFK i massazh. 2006; 27(3): 48–54 (In Russ.)]
76. Черкасова В.Г. Лечебная физкультура при острых нарушениях мозгового кровообращения: методические рекомендации. Пермь: Престайм, 2010. 36 с. [Cherkasova V.G. Therapeutic physical training in acute cerebral circulation disorders: methodical recommendations. Perm: Prestime, 2010. 36 p. (In Russ.)]
77. Stroke: Physiotherapy Treatment Approaches. *Physio-pedia*. Available at: https://www.physio-pedia.com/Stroke:_Physiotherapy_Treatment_Approaches (Accessed: 13.02.2024).

Обзорная статья / Review

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-84-90>

Обоснование применения электрофореза лекарственных препаратов у пациентов со зрительными нарушениями после инсульта: обзор

 Кульчицкая Д.Б.,  Кончугова Т.В.,  Марфина Т.В.* ,  Апханова Т.В.

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

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Расстройства зрения и глазодвигательных функций имеют широкое распространение среди пациентов, перенесших церебральный инсульт. В системе реабилитационных мероприятий у пациентов после инсульта применяются методы физиотерапии, способные существенно улучшить процессы гемодинамики и регенерации. К широко известным физиотерапевтическим методам относится лекарственный электрофорез.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА. В данном обзоре обсуждаются результаты исследований, посвященных изучению эффективности методик электрофореза с использованием различных лекарственных средств, разработанных для применения у пациентов после инсульта, в том числе осложненного зрительными нарушениями, на основе публикаций в международных и отечественных базах данных PubMed, Medline, Cochrane Library, eLIBRARY.RU.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В настоящее время созданы предпосылки для дальнейшего развития метода эндоназального электрофореза препаратов нейропротекторного действия у пациентов с последствиями перенесенного инсульта. Применение данной методики наиболее целесообразно у пациентов после инсульта, осложненного зрительными нарушениями, однако эти подходы являются исследовательскими и требуют проведения рандомизированных исследований для установления их клинической эффективности на репрезентативном количестве пациентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инсульт, постинсультные нарушения зрения, электрофорез

Для цитирования / For citation: Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В., Марфина Т.В., Апханова Т.В. Обоснование применения электрофореза лекарственных препаратов у пациентов со зрительными нарушениями после инсульта: обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):84–90. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-84-90> [Kulchitskaya D.B., Konchugova T.V., Marfina T.V., Apkhanova T.V. Rationale for the Use of Electrophoresis of Drugs in Post-Stroke Patients with Visual Impairments: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):84–90. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-84-90> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Марфина Татьяна Владимировна, E-mail: marfinatv@nmicrk.ru

Статья получена: 01.11.2024
Статья принята к печати: 25.12.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

©2025, Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В., Марфина Т.В., Апханова Т.В.

Detelina B. Kulchitskaya, Tatiana V. Konchugova, Tatyana V. Marfina, Tatiana V. Apkhanova

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

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

Rationale for the Use of Electrophoresis of Drugs in Post-Stroke Patients with Visual Impairments: a Review

 **Detelina B. Kulchitskaya,**  **Tatiana V. Konchugova,**  **Tatyana V. Marfina***,
 **Tatiana V. Apkhanova**

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

ABSTRACT

INTRODUCTION. Disorders of vision and oculomotor functions are widespread among patients who have suffered a cerebral stroke. The rehabilitation system for patients who have suffered a stroke makes use of physiotherapy methods that can significantly improve haemodynamic processes and regeneration. Among the best-known physiotherapeutic methods is drug electrophoresis.

MAIN CONTENT OF THE REVIEW. This review discusses the results of studies investigating the efficacy of electrophoresis techniques using various drugs developed for use in patients after stroke, including those complicated by visual impairment, based on publications in the international and domestic databases PubMed, Medline, Cochrane Library, and eLIBRARY.RU.

CONCLUSION. At present, there are already prerequisites for further development of the method of endonasal electrophoresis of neuroprotective drugs in patients with post-stroke after-effects. The application of this technique is most suitable for patients suffering from a stroke and concomitant visual impairments. However, these approaches are still under investigation and require randomized trials to ascertain their clinical efficacy in a representative patient population.

KEYWORDS: stroke, post-stroke visual impairment, electrophoresis

For citation: Kulchitskaya D.B., Konchugova T.V., Marfina T.V., Apkhanova T.V. Justification of the Use of Electrophoresis of Drugs in Patients with Visual Impairment after Stroke: a Review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2025; 24(1):84–90. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-84-90> (In Russ.).

***For correspondence:** Tatyana V. Marfina, E-mail: marfinatv@nmcirk.ru

Received: 01.11.2024

Accepted: 25.12.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

На сегодня медицинская реабилитация пациентов после инсульта является одной из приоритетных задач современной неврологии. В системе реабилитационных мероприятий у данной категории пациентов, наряду с различными формами лечебной физкультуры, применяются и методы физиотерапии, способные существенно улучшить процессы гемодинамики и регенерации.

Мозговой инсульт, или острое нарушение мозгового кровообращения, является одной из ведущих причин смертности и ключевым фактором, вызывающим стойкую инвалидность у взрослых в развитых странах мира [1, 2]. В связи с тенденцией старения населения, наблюдаемой в развитых странах мира, прогнозируется дальнейший рост числа случаев инсульта во взрослой популяции [2]. За последние пять лет в России регистрируется от 430 до 470 тыс. случаев инсульта ежегодно [3]. Кроме того, в последние десятилетия отмечается увеличение частоты развития острого нарушения мозгового кровообращения у молодых людей [1, 4].

По различным данным, инсульт поражает около 15 млн человек во всем мире ежегодно, и среди них от 55 % до 75 % выживших пациентов испытывают двигательные дефициты, включающие нарушения двигательного контроля, мелкой моторики и способности к координации двойной задачи и существенно снижают независимость и качество жизни пациентов [5, 6].

Выжившие после инсульта пациенты, наряду с развитием существенных двигательных, речевых, психологических проблем, часто страдают выраженными

зрительными нарушениями, зависящими от степени тяжести поражения мозговых тканей [7, 8]. Нарушения зрения после инсульта включают утрату зрения на один глаз, ухудшение зрения на один или оба глаза, двоение в глазах, зрительные галлюцинации, выпадение зрения лишь на отдельных участках зрительного поля [9, 10].

Частота встречаемости зрительных нарушений после инсульта проанализирована в систематическом обзоре Helboe K.S. et al., включавшем 13 статей, содержащих данные 9248 пациентов после инсульта. Визуальные симптомы при инсульте чаще проявлялись в виде гемианопсии (28,2 %), потери зрения (11,6 %), дефектов поля зрения (11,6 %), нарушения движения глаз (19,4 %), отклонения глаз (9,6 %), паралича взора (32,1 %), глазодвигательных нарушений (37 %) и зрительной невнимательности (17,5 %) [7].

В данном обзоре обсуждаются результаты исследований, посвященных эффективности методик электрофореза с использованием различных лекарственных средств, разработанных для применения у пациентов после инсульта, осложненного зрительными нарушениями, на основе публикаций в международных и отечественных базах данных PubMed, Medline, Cochrane Library, eLIBRARY.RU.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА

Реабилитация зрительных нарушений после инсульта

В последние годы вопросам изучения эффективности различных реабилитационных методик у пациентов после инсульта, осложненного зрительными нарушениями,

ями, придается все большее значение. Нарушения зрения после инсульта обусловлены поражением определенных участков мозга, участвующих в обработке и интерпретации визуальной информации.

Начинать восстанавливать зрение можно, как только позволит состояние пациента [11, 12]. Основные задачи при восстановлении зрения имеют коррекционную, компенсаторную, профилактическую и лечебно-реабилитационную направленность [13–16].

Для восстановления нарушенных функций зрения у пациентов после перенесенного инсульта применяются оптические устройства для адаптации к окружающей среде и тренировки неповрежденных структур зрительного анализатора, направленные на компенсацию утраченных функций. Также применяются методики, основанные на принципах нейронной пластичности зрительной системы, направленные на увеличение обработки зрительной информации в зонах остаточного зрения для расширения полей зрения [13].

Существует мнение специалистов, что приблизительно треть лиц, перенесших инсульт, способны частично или полностью восстановить зрение и иные утраченные зрительные функции [17]. При этом усилия, прилагаемые самим пациентом, желающим восстановить утраченную зрительную функцию, сложно переоценить.

Зрительная реабилитация включает мероприятия, включающие в себя упражнения для головы и глаз, виртуальную реальность с использованием компьютеризированных тренажеров (Dyna Vision, Vision Coach и NeuroEye), описательную ходьбу, чтение последней буквы строки и другие тренировочные методики [18].

Доказана эффективность методов неинвазивной стимуляции мозговых структур для восстановления нарушений зрения у пациентов с гемианопсией, основанных на неинвазивной стимуляции возбудимости и синхронизации нейронных сетей мозга [19]. Также доказана эффективность транскраниальной магнитной стимуляции у пациентов после инсульта с нарушениями пространственного восприятия с указанием сохранения этого эффекта после курса процедур [20, 21].

В то же время представляется целесообразным более широкое применение физиотерапевтических методик у пациентов с последствиями перенесенного инсульта, имеющих различные зрительные нарушения. В этом плане привлекает внимание метод лекарственного электрофореза препаратов ангиопротекторного и нейропротекторного действия.

Эффективность методик электрофореза лекарственных препаратов в реабилитации пациентов с цереброваскулярными нарушениями

При анализе базы данных PubMed, Medline, Cochrane Library, eLIBRARY.RU, было выявлено, что за последние 25 лет опубликовано небольшое количество научных работ по изучению действия электрофореза лекарственных препаратов у пациентов с инсультом, в основном это публикации отечественных авторов. В то же время проведенные клинические исследования представляют большой практический интерес, поскольку методика лекарственного электрофореза легко воспроизводима, аппаратура для ее реализации доступна для широкого здравоохранения, но главное ее достоин-

ство — высокая эффективность в коррекции имеющихся цереброваскулярных нарушений.

При проведении лечебно-реабилитационных мероприятий у пациентов после перенесенного инсульта важное место занимает лекарственная терапия с применением ноотропных, нейропротекторных и антиоксидантных препаратов. Одним из способов введения лекарственных препаратов в организм пациента является лекарственный электрофорез — сложный физико-фармакологический метод, сочетающий воздействие постоянного электрического тока и вводимых с его помощью медикаментов. Основные преимущества данного метода заключаются в повышении чувствительности тканей к лекарствам, уменьшении частоты побочных эффектов, высокой локальной концентрации препаратов и других положительных эффектах [22].

В своих исследованиях Мусаев А.В. и Балакишева Ф.К. изучали воздействие электрофореза кавинтона и трентала у 250 пациентов с сосудистой патологией мозга. Пациенты были разделены на две группы: первая группа получала кавинтон-электрофорез, а вторая — трентал-электрофорез. Для кавинтон-электрофореза использовали 10 мг кавинтона с 1 мл 50 % раствора димексида, а для трентал-электрофореза — 50 мг 2 % раствора трентала. Препараты вводились с анода, размещенного в области шейного отдела позвоночника паравертебрально, при этом катод находился в правой подключичной зоне. Сила тока составляла 10–15 мА, длительность процедуры — 10–15 минут ежедневно, курс лечения — 10–15 процедур. После курсового применения электрофореза у большинства пациентов наблюдалась стабилизация всех параметров реоэнцефалограммы. Кавинтон-электрофорез преимущественно улучшал кровоснабжение крупных артерий мозга за счет их расширения, тогда как трентал-электрофорез больше воздействовал на сосуды среднего и малого калибра — артериолы, капилляры и вены [23].

Была разработана комплексная программа реабилитации пациентов с последствиями острого нарушения мозгового кровообращения с использованием электрофореза никотиновой кислоты на область проекции печени по поперечной методике (сила тока составила 10 мА, длительность процедуры — 15–20 минут ежедневно, курс — 12–15 процедур). В комплекс также входили йодобромные ванны с температурой 37 °С, длительностью 10 минут через день, курс составил 10 процедур; сапропелевые аппликации на пораженные конечности при температуре 37–38 °С, продолжительностью 20 минут через день, курс составил 10 процедур. Реабилитационная программа также включала 10 процедур массажа воротниковой зоны и малогрупповую лечебную физкультуру. Пациенты были разделены на две группы: основная группа из 50 человек получала новый лечебный комплекс, а группа сравнения из 32 человек — тот же комплекс, но без электрофореза никотиновой кислоты. Оба комплекса помогли уменьшить выраженность неврологических симптомов, улучшить церебральную гемодинамику и мышечный тонус. Включение электрофореза никотиновой кислоты привело к улучшению липидного и углеводного обмена, улучшению антиоксидантных свойств крови и снижению риска повторного инсульта [24].

В ряде научных исследований изучалось действие электрофореза мексидола у пациентов с сосудистыми за-

болеваниями мозга. Было показано, что эндоназальный электрофорез мексидола улучшает состояние нейромоторной системы, повышает ее пластичность, способствует уменьшению неврологической и астенической симптоматики, нормализации мозгового и регионарного кровообращения, стабилизации вегетативной нервной системы и улучшению когнитивных функций [25].

В другом исследовании пациенты после инсульта были разделены также на две группы. В первой группе (60 человек) проводили электрофорез мексидола синусоидальными модулированными токами по трансцеребральной методике; во второй группе (60 человек) применялась терапия синусоидальными модулированными токами без электрофореза. Исследование показало, что сочетание мексидола и терапии синусоидальными модулированными токами улучшало показатели гемостаза и снижало агрегацию тромбоцитов на 32 % при индукции аденозиндифосфата и на 22 % при индукции адреналина, а также активировало фибринолиз на 41 %. Терапевтическая эффективность составляла 69,6 % [26].

Бровко М.А. и соавт. также подтвердили положительное воздействие электрофореза мексидола у пациентов с сосудистыми заболеваниями мозга [27].

В отдельных научных работах ученые изучали применение электрофореза пирacetама, даларгина и магния в комплексной терапии пациентов с церебральным атеросклерозом после «малого» инсульта. Исследования показали, что пирacetам полезен при выраженной астении и снижении умственной работоспособности, Даларгин эффективен при психоэмоциональных расстройствах и кардиалгиях, а электрофорез магния и пирacetама рекомендован при вертеброгенных синдромах и недостаточности мозгового кровообращения в вертебробазилярной системе [28].

Группа авторов предложила программу комплексной реабилитации пациентов с гипертонусом мышц после инсульта с применением электрофореза мидокалма. Электрод, смоченный 1 % раствором мидокалма, размещали на передней поверхности плеча на стороне поражения. Плотность тока составляла 0,05–0,08 мА/см², длительность процедуры — 15–30 минут, курс лечения — 12–15 процедур. В результате проведенного лечения исследователи отмечали значительное уменьшение гипертонуса мышц у данной категории пациентов [29].

Таким образом, при проведении лекарственного электрофореза сосудистых препаратов используются различные локализации: шейно-воротниковая область, трансцеребральная методика, область плеча и др. В то же время при зрительных нарушениях, часто сопровождающих острое нарушение мозгового кровообращения, может использоваться непосредственно локальное воздействие на область глаз [30, 31].

Сложная архитектура глазного яблока создает несколько серьезных проблем во время доставки лекарств. Для применения лекарств востребованы неинвазивные методики. Но для поступления препарата к задним отделам глазного яблока лекарство должно преодолеть роговичный барьер и барьер радужной оболочки – хрусталик. Задний сегмент глаза васкуляризован, хрупок и сложен для проведения неинвазивной терапии [32].

О наличии сложностей при введении лекарств через склеру сообщают и другие авторы. В частности, они опи-

сывают наличие статического барьера, включающего конъюнктиву, склеру, сосудистую оболочку, мембрану Бруха и сетчатку [33, 34], а также двух гематоокулярных барьеров, регулирующих обмен между циркулирующей кровью и водянистой влагой, а также между циркулирующей кровью и нервной сетчаткой [35, 36].

Для местного воздействия на различные структуры глаза была предложена методика электрофореза при непосредственном наложении электродов на область глаз (по Бургиньону). Для лечения различных офтальмологических заболеваний, включая увеит, катаракту, простой герпес, цитомегаловирусный ретинит и т.д., были разработаны методики введения постоянным током антибиотиков, кортикоидов, ферментов и других лекарственных препаратов [37, 38].

Обоснование эндоназальных методик электрофореза

Основной целью методики эндоназального электрофореза является повышение биодоступности лекарств, пролонгация фармакологического действия, минимизация токсических реакций и достижение приверженности пациентов.

Для оценки эффективности эндоназального электрофореза с препаратом семакс в лечении когнитивных нарушений у пациентов после инсульта было проведено исследование с участием 107 человек с постинсультными когнитивными нарушениями на втором этапе реабилитации. В контрольной группе из 53 человек (21 женщина и 32 мужчины) использовались только ноотропные препараты, а в основной группе из 54 пациентов (14 женщин и 40 мужчин) дополнительно применялся эндоназальный электрофорез 0,1 % раствора Семакса. Результаты показали, что комплексное использование ноотропных препаратов и электрофореза с Семаксом обеспечивает значительное улучшение таких когнитивных функций, как исполнительные способности, восприятие и устный счет по сравнению с контрольной группой [39].

Группа исследователей изучала воздействие церулоплазмина и церебролизата на пациентов с начальными признаками нарушения мозгового кровообращения. В рамках исследования 36 пациентов получали лечение с использованием эндоназального электрофореза 2 % раствора церулоплазмина, разведенного дистиллированной водой. Раствор наносили на назальный электрод, подключенный к катоду. В другой группе 44 пациента проходили курс лечения эндоназальным электрофорезом 5 % раствора церебролизата, также разведенного дистиллированной водой. Результаты показали, что положительный эффект наблюдался у 83 % пациентов, получавших электрофорез с церулоплазмином, и у 75 % пациентов, получавших церебролизат. Применение этих методов положительно влияло на мозговую гемодинамику, биоэлектрическую активность мозга, биохимические показатели крови и общее функциональное состояние центральной нервной системы [40].

Было проведено небольшое исследование на 12 пациентах с ишемическим инсультом в первые сутки от начала развития заболевания, которые получали эндоназальное введение раствора кортексина с помощью аппарата «Поток-1». Во время трех первых процедур сила тока составляла 1 мА в течение 10–15 минут, во время

последующих процедур сила тока была 3 мА в течение 15–20 минут. Количество проводимых процедур — 12. Оценка функционального восстановления больных проводилась по шкале Рэнкина. Результаты исследования показали, что использование препарата Кортексина в ранний период ишемического инсульта уменьшает смертность, помогает в уменьшении симптомов [41]. В своей научной работе Маркин С.П. и соавт. доказали, что применение Кортексина с целью профилактики инсульта у пациентов с цереброваскулярными заболеваниями оказалось высокоэффективным методом [42].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что зрительная система взрослого человека сохраняет способность к пластичности, в связи с чем уже в подострый период после инсульта должны реализовываться эффективные программы зрительной реабилитации. Установлено, что ранняя реабилитация улучшает зрение быстрее на больших участках слепого поля и для большего количества зрительных способностей, чем идентичная тренировка, начатая бо-

лее чем через 6 месяцев после инсульта (т. е. в хронический период). По-видимому, зрительная пластичность после инсульта является динамической, с критическим окном возможностей в ранний период после повреждения для достижения более быстрого и полного восстановления большего набора зрительных перцептивных способностей.

В настоящее время созданы предпосылки для дальнейшего развития метода эндоанального электрофореза препаратов нейропротекторного действия у пациентов с последствиями перенесенного инсульта, осложненного нарушениями зрительных функций. Представляются перспективными исследования, направленные на изучение эффективности эндоанального электрофореза медикаментозных средств ноотропного, нейропротекторного действия в комплексе с технологиями виртуальной реальности. Однако эти подходы все еще являются исследовательскими и требуют рандомизированных исследований для установления их клинической эффективности на репрезентативном количестве пациентов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Кульчицкая Детелина Борисовна, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

Кончугова Татьяна Венедиктовна, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, отдел физиотерапии и рефлексотерапии, заведующий кафедрой восстановительной медицины, физической терапии и медицинской реабилитации, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

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

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

E-mail: marfinatv@nmicrk.ru;

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

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>

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: Кульчицкая Д.Б. — научное обоснование, обеспечение материалов для исследования, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Кончугова Т.В. — курация данных, проверка и редактирование рукописи; Марфина Т.В. — научное обоснование, обеспечение материалов для исследования, написание черновика рукописи; Апханова Т.В. — верификация данных, проверка и редактирование рукописи.

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

Конфликт интересов. Кончугова Т.В. — заместитель главного редактора журнала «Вестник восстановительной медицины», Апханова Т.В. — научный редактор журнала «Вестник восстановительной медицины», Кульчицкая Д.Б. — 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

Detelina B. Kulchitskaya, D.Sc. (Med.), Professor, Chief Researcher, Department of Physiotherapy and Reflexology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

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

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

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

E-mail: marfinatv@nmicrk.ru;

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

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

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

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: Kulchitskaya D.B. — conceptualization, resources, writing — original draft, writing — review and editing; Konchugova T.V. — data curation, writing — review and editing; Marfina T.V. — conceptualization, resources, writing original draft; Apkhanova T.V. — validation, writing original draft.

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, Apkhanova T.V. — Scientific Editor of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal, Kulchitskaya D.B. — 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. The other authors declare no conflicts 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

- Centers for Disease Control and Prevention. Stroke Facts. Available at: <https://www.cdc.gov/stroke> (Accessed 15.10.2024).
- N.I.H. Stroke Scale. Available at: <https://www.ninds.nih.gov/health-information/stroke/assess-and-treat/nih-stroke-scale> (Accessed: 15.10.2024).
- Игнатъева 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. 2023; 123(8–2): 5–15. <https://doi.org/10.17116/jnevro20231230825> [Ignatieva V.I., Voznyuk I.A., Shamalov N.A. et al. Social and economic burden of stroke in Russian Federation. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2023; 123(8–2): 5–15. <https://doi.org/10.17116/jnevro20231230825> (In Russ.)]
- O'Donnell M.J., Xavier D., Liu L. et al. INTERSTROKE investigators. Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE study): a case-control study. *Lancet*. 2010; 376: 112–123. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60834-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60834-3)
- Winstein C.J., Stein J., Arena R. et al. American Heart Association Stroke Council, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Clinical Cardiology, and Council on Quality of Care and Outcomes Research. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2016; 47(6): e98–e169. <https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000098>
- Morrow C., Gasque H., Woodbury M. et al. Diagnosis of spatial neglect and rehabilitation access for stroke survivors. *Cogent Gerontol*. 2024; 3(1): 2375706. <https://doi.org/10.1080/28324897.2024.2375706>
- Helboe K.S., Eddelien H.S., Kruuse C. Visual symptoms in acute stroke — A systematic review of observational studies. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 2023; 229: 107749. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2023.107749>
- Gilhotra J.S., Mitchell P., Healey P.R. et al. Homonymous visual field defects and stroke in an older population. *Stroke*. 2002; 33(10): 2417–2420. <https://doi.org/10.1161/01.str.0000037647.10414.d>
- Rowe F.J., Hepworth L.R., Howard C. et al. Impact of visual impairment following stroke (IVIS study): a prospective clinical profile of central and peripheral visual deficits, eye movement abnormalities and visual perceptual deficits. *Disabil. Rehabil*. 2022; 44(13): 3139–3153. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1859631>
- Sand K.M., Wilhelmsen G., Naess H. et al. Vision problems in ischaemic stroke patients: effects on life quality and disability. *Eur J Neurol*. 2016; 23(Suppl. 1): 1–7. <https://doi.org/10.1111/ene.12848>
- Rowe F.J., Wright D., Brand D. et al. A prospective profile of visual field loss following stroke: prevalence, type, rehabilitation, and outcome. *Biomed Res Int*. 2013; 2013(1): 719096. <https://doi.org/10.1155/2013/719096>
- Saionz E.L., Busza A., Huxlin K.R. Rehabilitation of visual perception in cortical blindness. *Handb Clin Neurol*. 2022; 184: 357–373. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819410-2.00030-8>
- Pollock A., Hazelton C., Rowe F.J. et al. Interventions for visual field defects in people with stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2019; Issue 5(5): CD008388. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008388.pub3>
- Wolter M., Preda S. Visual deficits following stroke: maximizing participation in rehabilitation. *Top Stroke Rehabil*. 2006; 13(3): 12–21. <https://doi.org/10.1310/3JRY-B168-5N49-XQWA>
- Загайнова А.Ю., Кузюкова А.А., Добрякова В.В. и др. Успешное преодоление односторонней пространственной агнозии в позднем восстановительном периоде ишемического инсульта: клинический случай. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2): 102–111. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-102-111> [Zagaynova A.Yu., Kuzuyukova A.A., Dobryakova V.V. et al. Overcoming Unilateral Spatial Agnosia in the Late Recovery Period of Ischemic Stroke: A Case Report. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2023; 22(2): 102–111. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-102-111> (In Russ.)]
- Кузюкова А.А., Пёхова Я.Г., Одарущенко О.И. и др. Сравнительный анализ влияния сенсомоторной реабилитации и психотерапевтической методики на психоэмоциональное состояние пациентов в восстановительном периоде инсульта. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(4): 80–89. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-80-89> [Kuzuyukova A.A., Pekhova Y.G., Odarushenko O.O. et al. Sensorimotor Rehabilitation and Psychotherapeutic Techniques Effect on the Psychoemotional State in the Stroke Recovery Period. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2023; 22(4): 80–89. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-80-89> (In Russ.)]
- Saionz E.L., Tadin D., Melnick M.D. et al. Functional preservation and enhanced capacity for visual restoration in subacute occipital stroke. *Brain*. 2020; 143(6): 1857–1872. <https://doi.org/10.1093/brain/awaa128>
- National Clinical Guideline Centre (UK). Stroke Rehabilitation: Long Term Rehabilitation After Stroke [Internet]. London: Royal College of Physicians (UK). 10 Vision. NICE Clinical Guidelines, No. 162. 2013. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK327908/> (Accessed: 15.10.2024).
- Sabel B., Thut G., Hauelsen J. et al. Vision modulation, plasticity and restoration using non-invasive brain stimulation – An IFCN-sponsored review. *Clin Neurophysiol*. 2020; 131(4): 887–911. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.01.008>
- Лебедева Д.И., Туровинина Е.Ф., Десятова И.Е. и др. Оценка эффективности транскраниальной магнитной стимуляции у пациентов после ишемического инсульта: проспективное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(4): 31–40. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-31-40> [Lebedeva D.I., Turovinina E.F., Desyatova I.E. et al. Effectiveness of Transcranial Magnetic Stimulation in Patients after Ischemic Stroke: a Prospective Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2023; 22(4): 31–40. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-31-40> (In Russ.)]
- Schuhmann T., Duecker F., Middag-van Spanje M. et al. Transcranial alternating brain stimulation at alpha frequency reduces hemispatial neglect symptoms in stroke patients. *Int J Clin Health Psychol*. 2022; 22(3): 100326. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2022.100326>

22. Улащик В.С. История, достижения и перспективы развития электрофореза лекарственных веществ. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2002; 5: 8–13. [Ulashchik et al. V.S. History, achievements and prospects of development of electrophoresis of medicinal substances. Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy. 2002; 5: 8–13 (In Russ..)]
23. Мусаев А.В., Балакишиева Ф.К. Электрофорез вазоактивных препаратов в лечении и реабилитации больных с ишемическими заболеваниями головного мозга. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2010; 110(2): 79–82. [Musaev A.V., Balakishieva F.K. Electrophoresis of vasoactive drugs in the treatment and rehabilitation of patients with cerebral ischemic diseases. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2010; 110(2): 79–82 (In Russ..)]
24. Мирютова Н.Ф., Самойлова И.М., Барабаш Л.В. и др. Комплексная реабилитация больных с последствиями острого нарушения мозгового кровообращения. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2015; 14(1): 13–18. <https://rjpbpr.com/1681-3456/article/view/41489> [Miryutova N.F., Samoiloiva I.M., Barabash L.V. et al. The combined rehabilitative treatment of the patients suffering from the consequences of acute disturbances to cerebral circulation. Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation. 2015; 14(1): 13–18. <https://rjpbpr.com/1681-3456/article/view/41489> (In Russ..)]
25. Penionzhkevich D.Iu., Peregonchaia O.V. Intranasal electrophoresis using a neurotropic preparation as a promising technique for the rehabilitative treatment of patients with cerebrovascular diseases. Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult. 2009; 3: 3–8.
26. Борисова Н.А., Иванова М.А., Аверцев Г.Н. и др. Применение эндоназального электрофореза с Мексидолом при ранних формах сосудистых заболеваний мозга. (Дата обращения: 15.10.2024). Доступно на: <https://cortexmed.ru/articles/nauchnye-stati/primenenie-endonazalnogo-elektroforeza-s-meksidolom-pri-rannikh-formakh-sosudistykh-zabolevaniy-mozg/> [Borisova N.A., Ivanova M.A., Avertsev G.N. et al. Application of endonasal electrophoresis with Mexidol in early forms of cerebral vascular diseases. Available at: <https://cortexmed.ru/articles/nauchnye-stati/primenenie-endonazalnogo-elektroforeza-s-meksidolom-pri-rannikh-formakh-sosudistykh-zabolevaniy-mozg/> (Accessed: 15.10.2024) (In Russ..)]
27. Бровко М.А., Чехонацкий А.А., Ковалев Е.П. и др. Физиотерапевтические методы лечения цереброваскулярной патологии (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал. 2022; 3(18): 370–374. [Brovko M.A., Chekhonatsky A.A.; Kovalev E.P. et al. Physiotherapeutic methods of treatment of cerebrovascular pathology (review). Saratov Scientific Medical Journal. 2022; 3(18): 370–374 (In Russ..)]
28. Царёв А.Ю., Лазарев А.С. Электрофорез пирacetama, даларгина и магния в комплексном лечении больных церебральным атеросклерозом, перенесших «малый инсульт». Актуальные вопросы курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации. Ялта, 2001; 201–205 [Tzarev A.Yu. Lazarev A.S. Electrophoresis of piracetam, dalargin and magnesium in the complex treatment of patients with cerebral atherosclerosis who suffered a “minor stroke”. Topical issues of balneology, physiotherapy and medical rehabilitation. Yalta. 2001; 201–205 (In Russ..)]
29. Пирогова Л.А., Новицкая Т.А., Хованская Г.Н. Опыт клинического использования электрофореза 1 % раствора мидокалма в реабилитации больных мозговым инсультом. Актуальные вопросы клинической неврологии и нейрохирургии. Гродно. 2011; 93–98. [Pirogova L.A., Novitskaya T.A., Khovanskaya G.N. Experience of clinical use of electrophoresis of 1 % solution of midocalm in rehabilitation of patients with cerebral stroke. Topical issues of clinical neurology and neurosurgery. Grodno. 2011; 93–98 (In Russ..)]
30. Данилова И.Н., Неретин В.И., Нестерова Л.А. Влияние электрофореза аминалона на биоэлектрическую активность мозга у пациентов с церебральным атеросклерозом и нарушением мозгового кровообращения. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1980; 4: 13–17. [Danilova I.N., Neretin V.I., Nesterova L.A. The effect of aminalon electrophoresis on the bioelectric activity of the brain in patients with cerebral atherosclerosis and impaired cerebral circulation. Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy 1980; 4: 13–17 (In Russ..)]
31. Марфина Т.В., Кончугова Т.В., Кульчицкая Д.Б. и др. Нарушения зрения у пациентов, перенесших инсульт: обзор из двух частей. Часть I — распространенность нарушений. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(5): 108–115. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-5-108-115> [Marfina T.V., Konchugova T.V., Kulchitskaya D.B. et al. Visual Impairment in Stroke Patients: a Two-Part Review. Part I — Prevalence. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(5): 108–115. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-5-108-115> (In Russ..)]
32. Cabrera F.J., Wang D.C., Reddy K. et al. Challenges and opportunities for drug delivery to the posterior of the eye. Drug Discov Today. 2019; 24(8): 1679–1684. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2019.05.035>
33. Li S.K., Hao J. Transscleral passive and iontophoretic transport: theory and analysis. Expert Opin Drug Deliv. 2018; 15(3): 283–299. <https://doi.org/10.1080/17425247.2018.1406918>
34. Wei D., Pu N., Li S.Y. et al. Application of iontophoresis in ophthalmic practice: an innovative strategy to deliver drugs into the eye. Drug Deliv. 2023; 30(1): 2165736. <https://doi.org/10.1080/10717544.2023.2165736>
35. Tomi M, Hosoya K. The role of blood-ocular barrier transporters in retinal drug disposition: an overview. Expert Opin Drug Metab Toxicol. 2010; 6(9): 1111–1124. <https://doi.org/10.1517/17425255.2010.486401>
36. Thrimawithana T.R., Young S., Bunt C.R. et al. Drug delivery to the posterior segment of the eye. Drug Discov Today. 2011; 16(5–6): 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2010.12.004>
37. Дракон А.К., Патеюк Л.С., Шелудченко В.М. и др. Лекарственный электрофорез в офтальмологии. Вестник офтальмологии. 2021; 137(6): 119–127. <https://doi.org/10.17116/oftalma2021137061119> [Drakon A.K., Pateyuk L.S., Sheludchenko V.M. et al. Ocular iontophoresis. Russian Annals of Ophthalmology. 2021; 137(6): 119–127. <https://doi.org/10.17116/oftalma2021137061119> (In Russ..)]
38. Юрова О.В., Назарова Г.А., Кончугова Т.В. и др. Аппаратная физиотерапия в медицинской реабилитации пациентов с офтальмопатологией. Аппаратная реабилитация 2014; 13(101): 50–55. [Yurova O.V., Nazarova G.A., Konchugova T.V. et al. Hardware physiotherapy in the medical rehabilitation of patients with ophthalmopathology. Hardware rehabilitation 2014; 13(101): 50–55 (In Russ..)]
39. Терешин А.Е., Кирьянова В.В., Иванова Н.Е. и др. Эндоназальный электрофорез 0,1% раствора семакса в восстановлении когнитивных функций пациентов, перенесших мозговой инсульт. Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова. 2019; 11(1): 53–59. [Tereshin A.E., Kiryanova V.V., Ivanova N.E. et al. Endonasal electrophoresis of 0.1% semax solution in the restoration of cognitive functions of patients who have suffered a cerebral stroke. The Russian Neurosurgical Journal named after Professor A.L. Polenov. 2019; 11(1): 53–59 (In Russ..)]
40. Рахимкулов А.С., Борисова Н.А., Аверцев Г.Н. Организационные аспекты и результаты лечения цереброваскулярных заболеваний церулоплазмином, церебролизатом и танаканом. Медицинский вестник Башкортостана. 2009; 3(4): 35–38 [Rakhimkulov A.S., Borisova N.A., Avertsev G.N. Organizational aspects and results of treatment of cerebrovascular diseases with ceruloplasmin, cerebrolysat and tanakan. Medical Bulletin of Bashkortostan. 2009; 3(4): 35–38 (In Russ..)]
41. Хоменко М.А., Резниченко Е.К. Эффективность применения препарата кортексин методом эндоназального электрофореза в лечении больных ишемическим инсультом. Международный неврологический журнал. 2015; 4(74): 138–139. [Khomenko M.A., Reznichenko E.K. Efficacy of the drug cortexin by endonasal electrophoresis in the treatment of patients with ischemic stroke. International Journal of Neurology. 2015; 4(74): 138–139 (In Russ..)]
42. Маркин С.П., Чижов А.Я., Борисов В.А. Применение электрофореза кортексина в профилактике мозговых инсультов. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2004; 2: 13–15. [Markin S.P., Chizhov A.Ya., Borisov V.A. Stroke Prophylaxis with Cortexin. Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy. 2004; 2: 13–15 (In Russ..)]

Влияние физических нагрузок на иммунную систему в норме и при различных заболеваниях: обзор

 Вологжанин Д.А.^{1,3},  Голота А.С.^{3,*},  Игнатенко А.-М.И.³,
 Камилова Т.А.³,  Ковлен Д.В.²,  Усикова Е.В.³,  Щербак С.Г.^{1,3}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

³ Городская больница № 40 Курортного района, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Регулярные физические упражнения оказывают благотворное воздействие на здоровье, влияя на все системы органов и снижая заболеваемость. Активность мышечных волокон во время упражнений способствует снижению уровней воспалительных маркеров и стимуляции противовоспалительных реакций. Способность поддерживать гомеостаз во время упражнений и адаптация к тренировкам зависят от физической подготовленности, сопутствующих заболеваний и других факторов, поэтому программа упражнений должна быть индивидуальной.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА. Активация иммунной системы в ответ на физическую нагрузку опосредуется системой цитокинов, основным источником которых являются сами скелетные мышцы. Цитокины, продуцируемые миоцитами (миокины) во время мышечного сокращения, играют ключевую роль в обеспечении связи между работающими мышцами и другими органами и тканями. В многочисленных исследованиях показан положительный эффект тренировок умеренной интенсивности на секрецию миокинов. У людей, страдающих хроническими инфекционными или неинфекционными заболеваниями, обычно наблюдаются системное воспаление слабой степени и низкие уровни циркулирующих миокинов. Тренировки умеренной интенсивности оказывают противовоспалительное действие при воспалительных состояниях и заболеваниях. Физические упражнения являются популярным нефармакологическим дополнением к традиционным методам лечения и реабилитации при многих заболеваниях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Понимание взаимосвязи между модальностями упражнений и миокиновой реакцией помогает оптимизировать рекомендации по лечению и реабилитации для групп пациентов с различными потребностями, например пациентов с онкологическими и хроническими воспалительными заболеваниями или синдромами поствирусной инфекции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: физические упражнения, воспаление, цитокин, миокин, скелетные мышцы, реабилитация, хронические воспалительные заболевания

Для цитирования / For citation: Вологжанин Д.А., Голота А.С., Игнатенко А.-М.И., Камилова Т.А., Ковлен Д.В., Усикова Е.В., Щербак С.Г. Влияние физических нагрузок на иммунную систему в норме и при различных заболеваниях: обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):91–102. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-91-102> [Vologzhanin D.A., Golota A.S., Ignatenko A.-M.I., Kamilova T.A., Kovlen D.V., Usikova E.V., Shcherbak S.G. Effect of Physical Activity on the Immune System in the Normal State and in Various Diseases: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):91–102. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-91-102> (In Russ.)]

* Для корреспонденции: Голота Александр Сергеевич, E-mail: golotaa@yahoo.com, b40@zdrav.spb.ru

Статья получена: 30.10.2024

Статья принята к печати: 12.12.2024

Статья опубликована: 16.02.2025

Effect of Physical Activity on the Immune System in the Normal State and in Various Diseases: a Review

 Dmitry A. Vologzhanin^{1,3},  Aleksandr S. Golota^{3,*},  Anna-Maria I. Ignatenko³,
 Tatyana A. Kamilova³,  Denis V. Kovlen², Elena V. Usikova³,  Sergey G. Shcherbak^{1,3}

¹ St Petersburg University, Saint-Petersburg, Russia

² S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint-Petersburg, Russia

³ Municipal Hospital No. 40, Kurortny District, Saint-Petersburg, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Regular physical exercise has a beneficial effect on health, affecting all body systems and reducing morbidity. Muscle fiber activity during exercise helps reduce levels of inflammatory markers and stimulate anti-inflammatory responses. The ability to maintain homeostasis while exercising and adaptation to exercises depend on physical fitness, comorbidities and other factors, so the exercise program should be tailored to the individual.

THE MAIN CONTENT OF THE REVIEW. Immune system activation in response to exercise is mediated by cytokine signaling. The main source of cytokines during physical activity is the skeletal muscles themselves. Cytokines produced by myocytes (myokines) during muscle contraction play a key role in providing communication between working muscles and other organs and tissues. Numerous studies have shown a positive effect of moderate intensity exercise on myokine secretion. People with chronic infectious or non-infectious diseases often demonstrate low-grade systemic inflammation and low levels of circulating myokines. Moderate intensity exercise has anti-inflammatory effects in inflammatory conditions and diseases. Exercise is a popular non-pharmacological adjunct to traditional treatments and rehabilitation for many diseases.

CONCLUSION. Understanding the relationship between exercise modalities and myokine response helps to optimize treatment and rehabilitation recommendations for populations with different needs, such as patients with cancer, chronic inflammatory diseases, or post-viral infection syndromes.

KEYWORDS: exercise, inflammation, cytokine, myokine, skeletal muscle, rehabilitation, chronic inflammatory diseases

For citation: Vologzhanin D.A., Golota A.S., Ignatenko A.-M.I., Kamilova T.A., Kovlen D.V., Usikova E.V., Shcherbak S.G. Effect of Physical Activity on the Immune System in the Normal State and in Various Diseases: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):91–102. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-91-102> (In Russ.).

* **For correspondence:** Aleksandr S. Golota, E-mail: golotaa@yahoo.com, b40@zdrav.spb.ru

Received: 30.10.2024

Accepted: 12.12.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Регулярные физические упражнения обеспечивают укрепление здоровья, включая снижение риска смерти от всех причин, кардио-метаболических и неврологических заболеваний, рака и других патологий. Физические упражнения влияют практически на все системы органов, снижая заболеваемость [1]. Благоприятное воздействие при этом возникает в результате клеточной и молекулярной адаптации внутри и между многими тканями и системами органов. Для изучения этих событий Консорциум по изучению молекулярных преобразователей физической активности (Molecular Transducers of Physical Activity Consortium — MoTrPAC) профилировал временной транскриптом, протеом, метаболом, липидом, эпигеном и иммуном в цельной крови, плазме и 18 солидных тканях в течение 8 недель тренировок с упражнениями на выносливость [2]. Временной мультиомный и мультитканевый анализ позволил получить обширную информацию о характере адаптивных реакций со стороны метаболизма и иммунной системы, возникающих в процессе физических упражнений. Выявлены адаптивные изменения, в том числе реакции, связанные с рекрутированием иммунных клеток на уровне генов и метаболических путей. Характер их экспрессии указывает на уменьшение вос-

паления в тканях и увеличение набора иммунных клеток в белой жировой ткани [3].

Глобальная и тканеспецифичная реакция на физические упражнения может оказывать цитопротекторное действие, в том числе при травматических повреждениях тканей. Опосредованная физическими упражнениями модуляция цитокинов, рецепторов и транскриптов, ассоциированных с воспалением, может улучшать состояние тканей. Обнаружена связь тканеспецифичных транскриптов с маркерами нескольких типов иммунных клеток, включая В- и Т-лимфоциты, натуральные киллеры (NK) и дендритные клетки, и со снижением численности этих популяций. Предполагается, что противовоспалительное действие оказывают тренировки умеренной интенсивности, практическими примерами которых являются быстрая ходьба и танцы. В качестве критерия интенсивности упражнений обычно используется частота сердечных сокращений. Диапазоны частоты сердечных сокращений могут использоваться для назначения упражнений умеренной (40–59 % от резерва частоты сердечных сокращений) и высокой степени интенсивности (60–84 %). Однако способность поддерживать гомеостаз во время упражнений и адаптация к тренировкам зависят от физической подготовленности, сопутствующих заболеваний, генетического

фона и других факторов, поэтому программа упражнений должна быть индивидуальной [4].

Физические упражнения в различной степени влияют на субпопуляции лимфоцитов, цитотоксичность NK-клеток, функционирование нейтрофилов и миграцию лейкоцитов [5].

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА

Активация иммунной системы в ответ на физическую нагрузку в значительной степени опосредована системой цитокинов, представляющих собой иммуномодулирующие белки, которые опосредуют воспалительные и иммунные реакции и отвечают за коммуникации как между субпопуляциями лейкоцитов, так и между лейкоцитами и другими клетками. Баланс между провоспалительными и противовоспалительными цитокинами имеет важное значение для поддержания гомеостаза тканей. Нарушение данного баланса создает потенциал для развития иммунопатологии. Продукция цитокинов, индуцированная физическими упражнениями, имеет ключевое значение для поддержания здоровья и изменяется при заболеваниях.

Цитокины при чрезмерных физических нагрузках

Основным источником цитокинов при физических нагрузках являются сами скелетные мышцы. В ответ на сокращение активные скелетные мышцы вырабатывают различные цитокины и пептиды с противовоспалительными свойствами. К цитокинам, продуцируемым миоцитами (миокинами), играющим ключевую роль в иммунологии физических упражнений, относятся интерлейкин 6 (ИЛ-6), ИЛ-7, ИЛ-10, ИЛ-13, ИЛ-15, мио-статин и др. Таким образом, скелетная мышца является важным секреторным органом, высвобождающим миокины во время мышечного сокращения. Миокины влияют на регуляцию чувствительности к инсулину и митохондриальную функцию в миоцитах скелетных мышц. Например, ИЛ-6, ИЛ-15, ИЛ-18 и FGF21 (Fibroblast Growth Factor 21) действуют локально в мышечных клетках, улучшая функцию митохондрий, инсулинонезависимое усвоение глюкозы и/или чувствительность к инсулину, FGF21 регулирует липолиз в жировой ткани, ИЛ-15 повышает секрецию адипонектина [6].

Миокины действуют преимущественно аутокринным и паракринным образом на скелетные мышцы, но могут действовать эндокринным способом на множество других типов тканей. Миокины обеспечивают связь между работающими мышцами и другими органами и тканями, включая мозг, кости и сосудистую систему, влияют на когнитивные функции человека, психическое здоровье, формирование костей и функцию эндотелиальных клеток [7], участвуют во многих процессах, включая регуляцию иммунных процессов, воспалительные реакции и созревание клеток крови в ответ на физическую активность [8].

В ответ на физическую нагрузку первоначально наблюдается повышение концентрации ИЛ-6 в плазме, за которым следует повышение экспрессии ИЛ-1Ra, ИЛ-10 и растворимых рецепторов TNFR. Аналогичная последовательность с последующим высвобождением противовоспалительных цитокинов также наблюдается при сепсисе и острых воспалительных состояниях, но, в отличие от сепсиса, при умеренных острых нагрузках

не происходит предшествующего или сопутствующего повышения уровня TNF- α [5]. Предполагается, что высвобождение миокинов во время физических упражнений зависит от иммунно-гормонально-метаболических взаимодействий.

Систематический обзор и метаанализ рандомизированных и нерандомизированных клинических исследований по изучению изменений циркулирующих миокинов (ИЛ-6, ИЛ-10, ИЛ-1Ra, ИЛ-15) после упражнений с отягощениями у здоровых людей показал немедленный положительный эффект тренировок на секрецию миокинов. В обзоре рассмотрены исследования, дизайн которых включал одну сессию упражнений с отягощениями, определяемых как концентрические или эксцентрические действия мышц, преодолевающие внешнее сопротивление, без дополнительных видов воздействия, которые могут изменить физиологическую реакцию на физические упражнения. Тип, объем, интенсивность и доза упражнений не влияли на результаты. Результаты, представленные в этом обзоре, показали умеренный положительный эффект упражнений с отягощениями на ИЛ-6 и ИЛ-1Ra, а также показали эффекты от небольших до умеренных на ИЛ-15 и TNF- α [9].

ИЛ-6 — плейотропный цитокин с широким спектром функций в иммунорегуляции, кроветворении и воспалении. Сразу после тренировки наблюдается повышение уровня ИЛ-6. Накопленные данные указывают на то, что высвобождение ИЛ-6 из миоцитов работающих мышц гораздо важнее, чем из иммунных клеток. Высвобождение ИЛ-6 иммунными клетками обычно сопровождается совместной секрецией ИЛ-1 β и TNF- α и, таким образом, запускает провоспалительные сигнальные каскады. Напротив, высвобождение ИЛ-6 скелетными мышцами запускается не передачей сигналов иммунных клеток, а усилением кальциевого сигналинга, истощением гликогена и накоплением молочной кислоты. Кроме того, некоторые миокины, в том числе ИЛ-6, повышают чувствительность мышц к инсулину, тем самым снижая концентрацию глюкозы в плазме во время тренировки и в течение 24 часов после нее [10].

Уровни ИЛ-6 экспоненциально увеличиваются (до 100 раз) в ответ на физическую нагрузку и быстро снижаются после тренировки. Степень повышения уровня ИЛ-6 зависит от интенсивности и продолжительности физических упражнений и толерантности человека к физической нагрузке. ИЛ-6, вырабатываемый мышцами, в отличие от ИЛ-6 немuscular происхождения, действует не как провоспалительный цитокин, а как противовоспалительный миокин [11]. В контексте физических упражнений он оказывает противовоспалительное действие посредством ингибирования провоспалительных цитокинов ИЛ-1 β и TNF- α и индукции противовоспалительных цитокинов ИЛ-10 и ИЛ-1Ra [12]. Провоспалительные эффекты ИЛ-6 опосредованы его растворимым рецептором, а противовоспалительные эффекты — мембрано-связанными рецепторами. Тот факт, что физические упражнения не индуцируют секрецию ИЛ-6 иммунными клетками, демонстрирует, что реакция ИЛ-6 на физические упражнения является физиологическим ответом, а не феноменом повреждения. Хотя во время самой тренировки миокин ИЛ-6 в первую очередь участвует в создании противовоспалительной

среды, он эндокринным путем увеличивает выработку глюкозы в печени и усиливает липолиз в жировых тканях на фоне повышенного поглощения глюкозы скелетными мышцами во время физических упражнений. Потеря висцерального жира, вызванная физической нагрузкой у людей с ожирением, зависит от ИЛ-6. Эти противовоспалительные и метаболические эффекты ИЛ-6 объясняют положительные эффекты физических упражнений на организм человека [13].

TNF-α и ИЛ-1β считаются классическими провоспалительными цитокинами и высвобождаются в ответ на повреждение клеток. Повышение концентрации TNF-α и ИЛ-1β не наблюдается при умеренных физических нагрузках, но происходит при длительных или интенсивных тренировках. Это означает, что увеличению количества TNF-α и ИЛ-1β противодействует индукция противовоспалительных цитокинов. Процессы иммунорегуляции, вызванные острой физической нагрузкой, включают в себя усиление лейкотаксиса и дифференцировки иммунных клеток. Например, TNF-α действует как хемотаксический фактор для нейтрофилов и моноцитов [5]. В исследовании Marucci-Barbosa L. et al. [14] обследуемые, выполнявшие эксцентрические силовые упражнения, продемонстрировали наиболее заметное снижение уровней TNF-α сразу после тренировки. Однако через 15, 30, 60 и 120 минут после прекращения упражнений наблюдалось повышение уровня TNF-α. Увеличение количества макрофагов, являющихся основным источником TNF-α, наблюдаемое после физической нагрузки, может быть одной из основных причин увеличения TNF-α после тренировки.

Моноциты и лимфоциты являются основными источниками циркулирующего **ИЛ-10** (в отличие от ИЛ-6) в ответ на физическую нагрузку. ИЛ-10 считается классическим противовоспалительным цитокином, непосредственно ингибирующим синтез и действие TNF-α и ИЛ-1β, а также антигенов HLA класса II и костимулирующих молекул в активированных макрофагах/моноцитах [15]. Изучение влияния высокоинтенсивных тренировок (бег на 10–20 км) на иммунные реакции у тренированных спортсменов и здоровых нетренированных, но активных людей, которые дважды в неделю занимались спортом с умеренной или высокой интенсивностью, показало, что регулярные упражнения увеличивают экспрессию ИЛ-10. Уровни ИЛ-10 у тренированных людей выше, чем у нетренированных [16].

ИЛ-1Ra — антагонист ИЛ-1β. Умеренный положительный эффект тренировки с отягощениями на уровни ИЛ-1Ra, выявленный Ringleb M. et al. [9], согласуется с результатами использования других форм упражнений, показавшими, что бег и езда на велосипеде приводят к значительному увеличению уровней ИЛ-1Ra сразу после тренировки и в течение 1 часа после тренировки. Повышенные после тренировки уровни ИЛ-1Ra в крови функционально значимы, поскольку способствуют противовоспалительному ответу на физические упражнения путем ингибирования ИЛ-1β. В отличие от ИЛ-10, который влияет на спектр цитокинов, ИЛ-1Ra ингибирует только ИЛ-1β путем конкурентного связывания с его рецептором [5]. Для работающих мышц противовоспалительные эффекты ИЛ-10 и ИЛ-1Ra имеют важное значение для улучшения энергоснабжения за счет ограничения энергетических затрат иммунной системы [10].

ИЛ-4 также принимает участие в формировании противовоспалительной среды, наблюдаемой при физических нагрузках, посредством ингибирования Т-хелперных клеток первого типа (Th1), снижения уровня ИЛ-1β в плазме и повышения уровня ИЛ-1Ra. При регулярных тренировках экспрессия ИЛ-4 в мышцах со временем увеличивается [5].

ИЛ-13, подобно ИЛ-4, ингибирует клетки Th1, снижает уровень ИЛ-1β в плазме и активирует ИЛ-1Ra, стимулирует поглощение и окисление глюкозы в миоцитах человека. Кроме того, тренировки на выносливость увеличивают продукцию ИЛ-13 в мышцах, что приводит к усилению утилизации жирных кислот мышцами и биогенезу митохондрий. Таким образом, скоординированные иммунологические и физиологические реакции опосредуют метаболическую адаптацию, вызванную физическими упражнениями, которая направлена на максимальную экономию мышечного топлива [17].

ИЛ-8 принадлежит к семейству хемокинов CXС и участвует в миграции нейтрофилов, а также в ангиогенезе. ИЛ-8 вырабатывается в мышцах во время тренировки, при этом минимальный системный ответ ИЛ-8 наблюдается только после интенсивных упражнений с эксцентрическим компонентом из-за связанной с ним провоспалительной реакции. Роль ИЛ-8/CXCL8 в ангиогенезе отличается от его провоспалительного действия. Физические упражнения индуцируют экспрессию рецептора CXCR2 в клетках микрососудистого эндотелия мышц. Это означает, что ИЛ-8 мышечного происхождения оказывает свое действие локально, в первую очередь для стимуляции ангиогенеза, индуцированного физической нагрузкой [5].

ИЛ-15 действует как иммунорегуляторный медиатор и фактор роста, экспрессируется на высоком уровне в скелетных мышцах после силовых тренировок и действует анаболически, увеличивая выработку миозина. ИЛ-15 также играет роль в уменьшении массы жировой ткани, стимулирует липолиз, оказывая таким образом противовоспалительное действие за счет снижения сердечно-сосудистых факторов риска. Предполагается, что ИЛ-15 регулирует влияние физических упражнений на соотношение жира и мышечной массы тела [5]. Результаты метаанализа Ringleb M. et al. [9] выявили небольшое повышение уровней ИЛ-15 после тренировок. Экспрессия мРНК ИЛ-15 в скелетных мышцах увеличивается сразу после тренировки и достигает значимого уровня через 4 часа после тренировки. Упражнения с отягощениями с большей вероятностью провоцируют анаболические эффекты ИЛ-15, нежели упражнения на выносливость. ИЛ-15 стимулирует накопление белка и тяжелых цепей миозина в дифференцированных миоцитах и одновременно уменьшает деградацию белка, участвует в уменьшении белой жировой ткани и повышении толерантности к глюкозе, уменьшает системное воспаление.

Эффект чрезмерных физических упражнений

Известно, что физические упражнения могут быть вредными, если выполняются в чрезмерном объеме. Например, синдром перетренированности, когда ухудшение работоспособности сохраняется, несмотря на достаточный отдых, характеризуется рядом симптомов, включая повышенную восприимчивость к трав-

мам, утомляемость, нарушение сна, потерю веса, мышечную болезненность, слабость, депрессию, трудности с концентрацией внимания и повышенную восприимчивость к инфекциям и болезням [18]. Чрезмерные физические упражнения, особенно с использованием эксцентрических сокращений, приводят к увеличению количества провоспалительных цитокинов в сыворотке, мышечной ткани и суставных хрящах. В течение 2 недель после постановки диагноза перетренированности и прекращения тренировок уровни провоспалительных цитокинов нормализуются. Когда адекватное восстановление невозможно, может возникнуть хроническое воспаление, характеризующееся повышенными внутримышечными уровнями TNF- α , IFN γ , ИЛ-6 и ИЛ-10, с повреждением мышц, сохраняющимся в течение нескольких недель [18, 19]. Таким образом, интенсивные тренировки без адекватного отдыха могут привести к общей иммуносупрессии и, следовательно, к увеличению риска инфекций, например, ОРВИ, которые возникают чаще и длятся дольше, чем обычно [5].

Влияние лечебной физкультуры на иммунный статус пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями

Сахарный диабет 2-го типа (СД2). Физические упражнения являются популярным дополнением и альтернативой традиционным фармакологическим методам лечения СД2, поскольку они увеличивают окислительную способность митохондрий скелетных мышц и чувствительность к инсулину. Korb A. et al. обнаружили увеличение концентрации ИЛ-10 в плазме пациентов с СД2 после 12-недельной программы аэробных упражнений [20]. Метаанализ исследований, посвященных изучению миокинов, обнаружил, что уровни FGF21, ИЛ-6 и ИЛ-10 могут служить биомаркерами эффективности протокола упражнений для улучшения гомеостаза глюкозы у пациентов с СД2 [21]. Garneau L. et al. [6] также обнаружили более высокую секрецию ИЛ-6, ИЛ-8 и ИЛ-15 в мышечных клетках пациентов с СД2 по сравнению с группой пациентов без СД2.

Ожирение. У пациентов с ожирением наблюдается повышение уровней ИЛ-6, ИЛ-8 и ИЛ-15. Некоторые миокины действуют непосредственно на скелетные мышцы, улучшая их энергетический метаболизм во время сокращения. Например, ИЛ-6 увеличивает окисление жирных кислот в мышцах и поглощение глюкозы в белой жировой ткани во время восстановления после упражнений [22].

Garneau L. et al. [22] определяли уровни миокинов у женщин с ожирением (индекс массы тела ≥ 30 кг/м²) и без ожирения (индекс массы тела 22–29,9 кг/м²) до и после 60-минутной велосипедной тренировки умеренной интенсивности. ИЛ-6 оказался единственным миокином, уровень которого в плазме значительно возрос сразу после тренировки в обеих группах. Во всех временных точках после физической нагрузки уровни ИЛ-8 в плазме снижались, а уровни ИЛ-13, который увеличивает выживаемость β -клеток поджелудочной железы, повышались у пациентов с ожирением по сравнению с участниками контрольной группы. Уровни FGF21 через 24 часа после острой физической нагрузки оставались повышенными, а не возвращались к базовому уровню, как в группе без ожирения. В исследовании

установлено, что некоторые миокины стабильнее и/или лучше определяются в плазме крови, другие — в сыворотке. Поэтому изменения секреции миокинов в кровотоке могут остаться незамеченными при анализе только образцов плазмы.

COVID-19. Реабилитация пациентов с COVID-19 включает в себя упражнения, которые способны снизить уровни воспалительных маркеров, и дыхательные упражнения, которые являются важным ее компонентом. Многочисленные исследования показали, что упражнения умеренной интенсивности уменьшают симптомы, тяжесть заболевания и время восстановления у пациентов с COVID-19 [23–25]. Две недели аэробных упражнений средней интенсивности снижают тяжесть и прогрессирование расстройств, связанных с COVID-19. Но следует заметить, что если упражнения средней интенсивности безопасны и обеспечивают защиту от COVID-19 для большинства людей, то высокоинтенсивные или длительные тренировки могут оказать отрицательное влияние на иммунитет [26]. Активность мышечных волокон во время упражнений может играть роль в уменьшении воспалительных маркеров при COVID-19, включая ингибирование воспалительных и стимуляцию противовоспалительных реакций [11].

Tarigan A.P. et al. [23] оценивали изменения уровней воспалительных маркеров (С-реактивного белка, лактатдегидрогеназы и ферритина) у пациентов с тяжелой COVID-ассоциированной пневмонией под влиянием легочной реабилитации (упражнения на верхнюю часть руки и дыхательные упражнения дважды в день по 10 минут в течение 10 дней). Уровни лактатдегидрогеназы, ферритина и С-реактивного белка измеряли до и после упражнений. Исследование показало снижение уровней воспалительных маркеров после тренировок. Наиболее значительные изменения касались снижения уровней лактатдегидрогеназы ($p = 0,001$), обусловленного продукцией противовоспалительных миокинов, стимулированной упражнениями. Интенсивность, частота, разнообразие упражнений, подходов, повторений, отдыха и темпа одинаково важны. Высокоинтенсивные упражнения ухудшают иммунную функцию и могут способствовать обострению COVID-19 (хотя наличие спортивного опыта может изменить влияние тренировок на иммунную функцию). В качестве немедикаментозного подхода к борьбе с COVID-19 следует избегать непривычных упражнений и использовать упражнения умеренной интенсивности. Аэробные упражнения умеренной интенсивности можно рассматривать как вспомогательную стратегию для усиления противовоспалительной функции и снижения тяжести течения COVID-19. Упражнения снижают содержание инфламмосомы NLRP3 — ключевого компонента врожденной иммунной системы, который инициирует воспалительную форму клеточной гибели и высвобождение провоспалительных цитокинов ИЛ-1 β и ИЛ-18. Аэробные упражнения являются наиболее эффективным методом тренировок. При этом низкая и умеренная интенсивность тренировок лучше по сравнению с высокой интенсивностью снижают уровни ИЛ-1 β и ИЛ-18, связанные с активацией инфламмосомы NLRP3.

Регулярная физическая активность умеренной интенсивности повышает иммунокомпетентность и защищает от инфекционных заболеваний, снижает ве-

роятность госпитализации инфицированных лиц [23]. Доказан защитный эффект физической активности против спектра штаммов SARS-CoV-2, включая вариант Omicron [27].

Цирроз печени. В исследовании Sobhy E. et al. 220 пациентов с циррозом печени (с индексом по шкале Чайлда — Пью В и С) были разделены на контрольную группу (55 пациентов, получавших только стандартное лечение) и интервенционные группы (165 пациентов), поровну распределенные на три подгруппы, которые получали в дополнение к стандартной помощи добавки аминокислот с разветвленной цепью (АКрц) или программу физических упражнений (на выносливость и сопротивление) или АКрц + программу упражнений. Все группы вмешательства показали значительное увеличение толщины четырехглавой мышцы ($p = 0,001$), интенсивности ультразвукового эха, мышечной силы и мышечной работоспособности. Гематологические и биохимические показатели улучшились, снизились уровни маркеров воспаления в группах вмешательства. Наилучший эффект отмечен у пациентов с индексом В по шкале Чайлда — Пью, получавших программу физических упражнений в сочетании с добавками АКрц. Оба типа вмешательства способствовали уменьшению слабовыраженного хронического системного воспаления [28].

Саркопения — прогрессирующее заболевание скелетных мышц, характеризующееся снижением мышечной массы, мышечной силы и физической функции, определяемое Европейской рабочей группой по саркопении (European Working Group on Sarcopenia in Older People — EWGSOP) как прогрессирующая системная потеря мышечной массы и/или снижение мышечной силы или снижение физиологической функции мышц, связанное со старением. По прогнозам EWGSOP, глобальная распространенность саркопении достигнет 1,2 млрд к 2025 г. и 2 млрд — к 2050 г. Известна значительная роль воспаления в развитии саркопении [29, 30]. Результаты исследований убедительно демонстрируют эффекты тренировок с отягощениями в лечении хронических воспалительных заболеваний с вторичной саркопенией, проявляющиеся, главным образом, уменьшением системного воспаления и предотвращением атрофии мышц. Хотя аэробные упражнения имеют ограниченную способность увеличивать массу скелетных мышц, они оказывают положительное влияние на физическую функцию. Сочетание физических упражнений с пищевыми добавками, обогащенными незаменимыми аминокислотами, жирными кислотами Омега-3 и витамином D, является эффективной стратегией предотвращения первичной саркопении у пожилого населения и вторичной саркопении. Во всех случаях необходим индивидуальный подход с учетом патофизиологических механизмов хронических заболеваний [31–33].

Консенсус китайских экспертов по профилактике и лечению пожилых людей с саркопенией [34] рекомендует сочетание аэробики, растяжки, упражнений на баланс и тренировок с отягощениями. Park J. et al. [35] анализировали влияние 15-недельной комплексной программы упражнений для женщин старше 60 лет с остеоартритом и вторичной саркопенией и установили уменьшение воспаления за счет повышения уровня ИЛ-10 и снижения уровня TNF- α .

Однако, несмотря на достигнутые успехи в этой области, в настоящее время не существует окончательного консенсуса в отношении оптимальных рецептов физических упражнений для лечения саркопении. Необходимы дальнейшие исследования, в том числе для определения оптимальной интенсивности физических упражнений [32].

Хроническая обструктивная болезнь легких. Типичными характеристиками хронических респираторных заболеваний являются одышка при физической нагрузке и непереносимость физической нагрузки. Активная легочная реабилитация может в определенной степени уменьшить неблагоприятные симптомы, предотвратить обострения, улучшить функцию легких и качество жизни у пациентов с хроническими респираторными заболеваниями. Физические упражнения — это не только основа легочной реабилитации, но также экономичное и простое средство профилактики и реабилитации пациентов с хронической обструктивной болезнью легких, интерстициальными заболеваниями легких, астмой и легочным фиброзом [36]. Регулярные физические упражнения могут усилить иммунный ответ пациентов и контролировать воспалительную реакцию организма. Комбинированные тренировки на выносливость и силу 3 раза в неделю уменьшают количество эозинофилов у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких и эндотелиальной дисфункцией [37].

Значительное увеличение количества Т-лимфоцитов CD4+, наблюдаемое на фоне физических упражнений у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких после 12 недель тренировок, сопровождается снижением количества обострений. Аэробные упражнения повышают уровни ИЛ-10 и хемокина CXCL1 в жидкости бронхоальвеолярного лаважа, снижают сыровоточную экспрессию ИЛ-1 β , TNF- α , ИЛ-4, ИЛ-6 и С-реактивного белка. Результаты показывают, что физические упражнения являются эффективной стратегией уменьшения легочного и системного воспаления, облегчения симптомов и предотвращения прогрессирования заболевания у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких [38].

Бронхиальная астма. Воспалительная реакция дыхательных путей является центральным звеном в развитии бронхиальной астмы, в которой преобладают эозинофильное воспаление и усиленный ответ Т-хелперов 2-го типа (Th2). Упражнения могут уменьшить воспаление дыхательных путей и увеличить бронхиальную проходимость. Аэробные упражнения эффективно снижают экспрессию эозинофилов в дыхательных путях, воспаление, дозу ингаляционных глюкокортикоидов и уменьшают количество обострений, особенно у пациентов с высоким уровнем воспаления [39].

Бронхоэктатическая болезнь — рецидивирующая гнойная инфекция, повреждающая мелкие и средние бронхи. Прогрессирование воспаления приводит к обширной клеточной инфильтрации эпителия дыхательных путей. В сыровотке, жидкости бронхоальвеолярного лаважа и легочной ткани наблюдаются повышенные уровни хемокинов и провоспалительных цитокинов ИЛ-8 и ИЛ-17.

Физические упражнения позволяют снизить уровни маркеров воспаления в организме и ингибировать гиперактивность нейтрофилов, предотвращают или

подавляют прогрессирование заболевания за счет уменьшения воспаления дыхательных путей и модуляции функциональной активности иммунных клеток [36]. Тренировки с отягощениями и аэробные упражнения для верхних и нижних конечностей могут улучшить мукоцилиарный клиренс и функцию легких, повысить толерантность к физической нагрузке и выносливость, силу периферических и дыхательных мышц, улучшить функцию легких [39].

Остеoarтрит — заболевание суставов с усиленной деградацией суставного хряща и подлежащей субхондральной кости. В синовиальной оболочке, субхондральной кости и хряще пациентов с остеоартритом обнаружены повышенные уровни ИЛ-1 β , TNF- α , ИЛ-6 и C-реактивного белка, что указывает на роль воспаления в этой патологии. Результаты исследования Runhaar J. et al. [40] свидетельствуют о том, что эффекты диеты и лечебной физкультуры при остеоартрите коленного сустава опосредованы влиянием на воспалительные цитокины ИЛ-6, TNF- α и их растворимые рецепторы. Вмешательства, которые могут значительно снизить концентрацию этих воспалительных факторов, имеют терапевтический потенциал для уменьшения боли и улучшения функции у пациентов с остеоартритом коленного сустава. При этом умеренная интенсивность упражнений дает лучшие результаты, чем низкая или высокая. Национальный институт здравоохранения Великобритании рекомендует лечебную физкультуру как часть терапии остеоартрита первой линии [41].

Ревматоидный артрит. Аналогичную взаимосвязь можно наблюдать при ревматоидном артрите, одной из распространенных форм хронического воспалительного заболевания суставов. Цитокины играют центральную роль в патогенезе ревматоидного артрита. Хронически повышенные уровни TNF- α и ИЛ-6 считаются ключевыми факторами системного воспаления, наблюдаемого у пациентов с ревматоидным артритом. Европейское общество ревматологов (European League Against Rheumatism — EULAR) рекомендует пациентам с ревматоидным артритом регулярно заниматься физическими упражнениями (силовыми и аэробными) [42]. Предполагается, что эффект лечебной физкультуры может быть связан с временным характером высвобождения ИЛ-6 при физической нагрузке и отсутствием сопутствующего увеличения TNF- α . Уровень миокина ИЛ-6 повышается на протяжении всего периода тренировки, а после тренировки быстро удаляется из кровообращения. В течение короткого периода активности ИЛ-6 индуцирует активацию противовоспалительных цитокинов, включая ИЛ-1Ra, которые оказывают относительно продолжительный противовоспалительный эффект.

Тендинопатия. Аналогичную роль индуцированная физическими упражнениями экспрессия миокина ИЛ-6 играет в тканях сухожилий. После тренировки уровень ИЛ-6 повышается в здоровых (но не в измененных) сухожилиях и действует паракринным образом. Упражнения с эксцентрической нагрузкой являются наиболее эффективным методом лечения тендинопатий [43]. Парадоксальная роль ИЛ-6 при хронических заболеваниях опорно-двигательного аппарата, таких как тендинопатии, остеоартрит и ревматоидный артрит, подчеркивает необходимость изучения реакции скелетно-мышечной системы на физическую нагрузку. В настоящее

время упражнения в основном используются для контроля симптомов и функционального улучшения при этих состояниях. Лучшее понимание взаимосвязи между иммунными изменениями, связанными с физическими упражнениями, и здоровьем опорно-двигательного аппарата способствует разработке научно обоснованных программ терапевтических упражнений для этих состояний.

Хроническая болезнь почек. У пациентов с хронической болезнью почек повышенные уровни провоспалительных цитокинов ИЛ-1 β , ИЛ-6 и ИЛ-8 обычно связаны с усилением воспаления, что в свою очередь приводит к развитию у пациентов с хронической болезнью почек серьезных осложнений и увеличивает риск смерти. На протяжении десятилетий ученые и врачи внедряли программы упражнений для пациентов, находящихся на гемодиализе, с целью улучшения их состояния. Одним из инновационных решений является сочетание физических тренировок с технологией виртуальной реальности во время сеансов гемодиализа. Технология VR предлагает компьютерные интерактивные занятия, основанные на визуализации объектов, событий и задач. Использование систем виртуальной реальности в качестве дополнения к реабилитационной терапии позволяет пациентам выполнять повторяющиеся функциональные действия и получать обратную связь в режиме реального времени. Такое сочетание физической тренировки с виртуальной реальностью позволяет эффективно использовать время гемодиализа и мотивирует к регулярной физической активности [44].

Исследование Turoń-Skrzypińska A. et al. [44] показало, что регулярные интрадиализные тренировки в сочетании с технологией виртуальной реальности в течение 3 месяцев не только приводили к улучшению физической формы пациентов, но и сопровождалась уменьшением воспаления, снижением концентрации ИЛ-6 в плазме крови и положительным влиянием на метаболизм костей.

В другом исследовании 4 месяца комбинированных аэробных и силовых упражнений на выносливость улучшили воспалительный статус пациентов, находящихся на гемодиализе, за счет значительного снижения уровня ИЛ-6 в плазме [45].

Фибромиалгия — ревматологический синдром, наиболее характерным симптомом которого является распространенная боль, связанная с центральной сенсibilизацией — нейровоспалительным процессом, поражающим нервную систему, при котором происходит активация воспалительных клеток и секреция провоспалительных цитокинов. Взаимодействие провоспалительных молекул со специфическими ноцицепторами или нейронами спинного мозга приводит к возникновению патологической боли. У пациентов с фибромиалгией также наблюдается повышение уровня провоспалительных цитокинов TNF- α , ИЛ-1RA, ИЛ-6 и ИЛ-8, с которым коррелирует тяжесть заболевания.

В терапии пациентов с фибромиалгией физические упражнения считаются нефармакологическими вмешательствами первой линии [46], поскольку способствуют метаболической, биомеханической, нейрофизиологической и психосоциальной адаптации, которая оказывает значимое клиническое воздействие на пациентов, страдающих от боли [47]. Обнаружено их положитель-

ное влияние на ряд клинических показателей (интенсивность боли, инвалидность, качество жизни).

Результаты исследования Suso-Martí L. et al. [48] подтвердили, что одним из механизмов положительных эффектов упражнений является их противовоспалительное воздействие, в частности, значительное снижение уровней провоспалительных цитокинов, особенно ИЛ-8. Эти данные согласуются с результатами исследований, которые продемонстрировали противовоспалительный эффект аэробных и водных упражнений при хронических скелетно-мышечных болях [49, 50], величина которого превосходит эффект упражнения с отягощениями. Важно отметить, что влияние физических упражнений на маркеры воспаления было более выраженным при острых вмешательствах (после одного сеанса). Это означает, что противовоспалительный эффект физических упражнений является временным и требуется для поддержания регулярных тренировок. Согласно систематическому обзору и данным метаанализа, физические упражнения, особенно аэробные, могут снизить уровень провоспалительных цитокинов TNF- α , ИЛ-1RA, ИЛ-6 и ИЛ-8 у пациентов с фибромиалгией [51]. Хотя комбинация аэробных упражнений и упражнений на выносливость облегчает боль и улучшает физические функции пациентов с фибромиалгией. Упражнения на мышечную выносливость для пациентов труднее выполнимы из-за боли и слабости [52], что требует адаптации упражнений к потребностям и способностям пациента и контроля врачом [48].

Церебральный паралич (детский церебральный паралич — ДЦП) возникает в результате непрогрессирующего поражения головного мозга до или во время рождения. Люди с ДЦП имеют повышенный риск развития метаболических нарушений, таких как ожирение, СД2, артрит и атеросклероз. Все эти расстройства связаны с хроническим воспалением низкой интенсивности и иммунной дисрегуляцией, включая повышенные уровни цитокинов TNF- α и ИЛ-6. У детей и подростков школьного возраста с ДЦП выявлена повышенная экспрессия генов провоспалительных цитокинов и С-реактивного белка в скелетных мышцах с фиксированными контрактурами, что указывает на системное вялотекущее воспаление и измененную иммунную функцию. У детей и молодых людей с ДЦП наблюдается увеличение числа Т-клеток CD3+, CD4+ и CD8+ и В-клеток CD22+ [53].

В исследовании Kruse A. et al. [54] принимали участие молодые люди с ДЦП (спастическим, атаксическим, дискинетическим типами) и взрослые люди без сопутствующих заболеваний. Чтобы оценить реакцию иммунной системы на интенсивную физическую нагрузку, все участники выполнили 45-минутную пробежку по беговой дорожке, а люди с ДЦП использовали беговую раму, также известную как Frame Runner. Группы молодых людей с ДЦП различались по исходному составу популяций циркулирующих иммунных клеток, в частности, у них было значительно увеличено количество Т-клеток TCR $\gamma\delta$, находящихся «на стыке» врожденной и адаптивной иммунных систем. Интересно, что именно они вовлечены в реакцию иммунной системы на перивентрикулярную лейкомаляцию у младенцев, основную причину ДЦП. В этом контексте Т-клетки TCR $\gamma\delta$ приводят к повреждению головного мозга, индуцируя продукцию ИЛ-17, что в свою очередь приводит к воспалению цен-

тральной нервной системы, привлечению других типов иммунных клеток и впоследствии — развитию демиелинизирующих поражений. Данные, полученные Kruse A. et al. [54], подчеркивают сохраняющуюся актуальность этой клеточной субпопуляции во взрослом возрасте из-за ее провоспалительной и иммунной роли при заболеваниях центральной нервной системы.

Известно, что упражнения на выносливость приводят к увеличению количества цитотоксических Т-клеток CD8+ [55]. При этом реакция данных клеток коррелирует с интенсивностью упражнений на выносливость и сопротивление [56]. В исследовании Kruse A. et al. [54] у участников с ДЦП обнаружено значительно меньшее количество циркулирующих Т-клеток CD8+ непосредственно после интенсивной тренировки по сравнению с участниками с типичным развитием. Авторы предполагают, что основной влияющий фактор — это интенсивность физических упражнений, но подчеркивают важное значение адекватной интенсивности тренировок, которые вызывают положительные реакции иммунной системы.

Онкология. В то время как острое воспаление является функциональной реакцией противодействия внутренним или внешним стрессорным факторам и стимулирует выздоровление, хроническое воспаление играет роль в иницировании и прогрессировании рака. Больные раком люди подвергаются множеству иммунологических стрессов. К ним относятся системное воспаление, иммуносупрессивные эффекты, индуцированные злокачественными клетками в микросреде опухоли, и иммуносупрессивные эффекты химио- или радиотерапии, такие как лейкопения и нейтропения. Как правило, уровни провоспалительных маркеров повышаются в ходе химио- и лучевой терапии. В то же время хорошо функционирующая иммунная система важна как для физического восстановления, так и для предотвращения пролиферации и метастазирования раковых клеток.

Систематический обзор de Hoop A.M.S. et al. [57] обнаружил доказательства подавляющего эффекта физических упражнений на уменьшение количества тромбоцитов, которые, помимо своей роли в тромбообразовании, выполняют важные иммунорегуляторные функции. Активированные тромбоциты могут стимулировать дендритные клетки к секреции ИЛ-10 и моноциты — к секреции ИЛ-8. Кроме того, тромбоциты могут секретировать ИЛ-1 β .

Упражнения во время химиотерапии способствуют усилению цитотоксичности NK-клеток у больных раком по сравнению с контрольной группой, что указывает на улучшение функционирования иммунной системы, поскольку NK-клетки участвуют в ранней защите от опухолевых клеток. Также обнаружен положительный эффект аэробных упражнений на синтез IgA. У пациентов группы аэробных тренировок уровень IgA был значительно выше по сравнению с контрольной группой.

Аэробные интервальные упражнения средней интенсивности повышают концентрацию миокина ИЛ-6 в сыворотке крови у больных раком толстой кишки [58]. Индуцированный физической нагрузкой ИЛ-6 выполняет противораковые функции, способствуя внутриопухолевой инфильтрации активированных NK-клеток. У пациентов с операбельным раком молочной железы или толстой кишки силовые упражнения и упражнения

на выносливость средней и высокой интенсивности во время химиотерапии также увеличивают концентрацию ИЛ-6 в плазме крови и усиливают противораковую активность NK-клеток [59].

Физические упражнения средней и высокой интенсивности оказывают подавляющее действие на выработку провоспалительных цитокинов у онкологических пациентов. Подобные противовоспалительные эффекты обнаружены в основном у пациентов, проходящих лучевую терапию. Выявлен значительный супрессивный эффект физических упражнений на повышение уровня ИЛ-6 и на увеличение соотношения ИЛ-6/ИЛ-1Ra во время лучевой терапии. Ни в одном из исследований, включенных в обзор, не замечено негативных эффектов от упражнений средней и высокой интенсивности. Авторы пришли к выводу, что физические упражнения подавляют воспаление и могут снизить морбидность и летальность у пациентов, проходящих лучевую терапию [57]. Добавление к лучевой терапии физических упражнений увеличивает внутриопухолевую инфильтрацию NK-клеток, тем самым усиливая противораковый эффект [60].

Влияние физических упражнений на раковые клетки. Сыворотка больных раком, полученная после интенсивных физических упражнений, может снижать *in vitro* пролиферацию раковых клеток, способствуя апоптозу и снижая миграционную активность раковых клеток, что может быть обусловлено усиленным повреждением ДНК, вызванным ИЛ-6 [58]. Повышенная экспрессия миокинов и более выраженное опухолесупрессивное действие сыворотки после длительных тренировок замедляют пролиферацию и миграцию опухолевых клеток у пациентов с метастатическим раком предстательной [61] и поджелудочной [62] желез.

Таким образом, физические упражнения могут быть эффективным адъювантом противоопухолевой терапии, поскольку они могут улучшить выживаемость и уменьшить вероятность рецидива. Физические упражнения до постановки онкологического диагноза, во время и после лечения не только имеют множество положительных эффектов в профилактике рака, но и могут повысить эффективность, уменьшить побочные эф-

фекты противоракового лечения (слабость, кахексию, когнитивные нарушения и депрессию), облегчить симптомы, повысить толерантность к лечению и улучшить прогноз. Механизмы этих эффектов включают в себя регуляцию секреции миокинов, адипокинов и противоракового иммунитета. Рекомендации по реабилитации после рака советуют людям, пережившим рак, выполнять упражнения для восстановления здоровья и профилактики рецидива [60]. Клинические исследования показали, что лечебная физкультура во время и после химиолучевой терапии снижает риск прогрессирования и летальность больных раком [63].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Широко признано, что регулярные физические упражнения способствуют физическому и психологическому здоровью человека. Физические упражнения влияют на воспалительный статус и активность иммунной системы в тканях-мишенях (например, мышечной ткани) и в организме в целом. Выраженность этих ответов зависит от интенсивности, продолжительности и частоты воздействия. Физические упражнения способствуют укреплению здоровья и борьбе с болезнями, изменяя количество биоактивных молекул в организме, вызывая функциональные изменения в тканях и органах, регулируя иммунный ответ на различные стрессы.

Данные ряда проведенных исследований относительно степени влияния физических упражнений на состояние иммунной системы различаются из-за различий в протоколах, методологиях, процедурах тестирования, возрасте и гендерном составе пациентов. Тем не менее в подавляющем большинстве случаев исследования регистрируют позитивные изменения различных иммунных показателей под влиянием лечебной физкультуры умеренной интенсивности. Понимание взаимосвязи между модальностями упражнений и миокиновой реакцией помогает оптимизировать рекомендации по лечебной физкультуре для групп населения с различными потребностями, например, для пациентов с онкологическими и хроническими воспалительными заболеваниями или синдромами поствирусной инфекции.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вологжанин Дмитрий Александрович, доктор медицинских наук, профессор, руководитель Научно-практического и образовательного центра аллергологии Медицинского института, Санкт-Петербургский государственный университет; профессор, заместитель главного врача по маркетингу, городская больница № 40 Курортного района.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1176-794X>

Голота Александр Сергеевич, кандидат медицинских наук, начальник клинко-исследовательского сектора, организационно-методический отдел по медицинской реабилитации, городская больница № 40 Курортного района.

E-mail: golotaa@yahoo.com, b40@zdrav.spb.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-3963>

Игнатенко Анна-Мария Игоревна, врач аллерголог-иммунолог, городская больница № 40 Курортного района.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5366-0363>

Камилова Татьяна Аскарровна, кандидат биологических наук, специалист клинко-исследовательского сектора, организационно-методический отдел по медицинской реабилитации, городская больница № 40 Курортного района. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6360-132X>

Ковлен Денис Викторович, кандидат медицинских наук, начальник кафедры физической реабилитационной медицины, главный специалист по реабилитации, физиотерапии и восстановительному лечению, военно-медицинская академия им. С.М. Кирова Минобороны России. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6773-9713>

Усикова Елена Владимировна, заместитель главного врача, городская больница № 40 Курортного района.

Щербак Сергей Григорьевич, доктор медицинских наук, профессор, главный врач, городская больница № 40 Курортного района; заведующий кафедрой последипломного образования, медицинский факультет, медицинский институт, Санкт-Петербургский государственный университет.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5036-1259>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующими образом: Щербак С.Г., Голота А.С., Усикова Е.В., Игнатенко А.-М.И. — написание черновика рукописи; Вологжанин Д.А., Ковлен Д.В. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Камилова Т.А. — поисково-аналитическая работа, написа-

ние черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи.

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

Конфликт интересов. Ковлен Д.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

Dmitry A. Vologzhanin, D.Sc. (Med.), D.Sc. (Med.), Professor, Head of Scientific, Practical and Educational Center of Allergology of the Medical Institute, St Petersburg University; Professor, Deputy Chief Physician for Marketing, City Hospital No. 40 of the Kurortny district.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1176-794X>

Aleksandr S. Golota, Ph.D. (Med.), Head of the Clinical Research Sector, Organizational and Methodological Department of Medical Rehabilitation, City Hospital No. 40 of the Kurortny district.

E-mail: golotaa@yahoo.com, b40@zdrav.spb.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-3963>

Anna-Maria I. Ignatenko, Allergologist-Immunologist, City Hospital No. 40 of the Kurortny district.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5366-0363>

Tatyana A. Kamilova, Ph.D. (Biol.), Specialist of the Clinical Research Sector, Organizational and Methodological Department of Medical Rehabilitation, City Hospital No. 40 of the Kurortny district.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6360-132X>

Denis V. Kovlen, Ph.D. (Med.), Head of Physical and Rehabilitation Medicine Department, Chief Specialist in Rehabilitation, Physiotherapy and Rehabilitation Treatment, S.M. Kirov Military Medical Academy.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6773-9713>

Elena V. Usikova, Deputy Chief Physician, City Hospital No. 40 of the Kurortny district.

Sergey G. Shcherbak, D.Sc. (Med.), Professor, Chief Physician, City Hospital No. 40 of the Kurortny district; Head of the Department of Postgraduate Education, Medical Faculty, Medical Institute, St Petersburg University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5036-1259>

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: Shcherbak S.G., Golota A.S., Usikova E.V., Ignatenko A.-M.I. — writing original draft; Vologzhanin D.A., Kovlen D.V. — writing original draft, writing review and editing; Kamilova T.A. — search and analytical work, writing original draft, writing review and editing.

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

Disclosure. Kovlen D.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.

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. Bull F.C., Al-Ansari S.S., Biddle S. et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med.* 2020; 54(24): 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
2. MoTrPAC Study Group, Lead Analysts, MoTrPAC Study Group. Temporal dynamics of the multi-omic response to endurance exercise training. *Nature.* 2024; 629(8010): 174–183. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06877-w>
3. Sato S., Dyar K.A., Treebak J.T. et al. Atlas of exercise metabolism reveals time-dependent signatures of metabolic homeostasis. *Cell Metab.* 2022; 34(2): 329–345.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2021.12.016>
4. MacIntosh B.R., Murias J.M., Keir D.A. et al. What Is Moderate to Vigorous Exercise Intensity? *Front Physiol.* 2021; 12: 682233. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.682233>
5. Docherty S., Harley R., McAuley J.J. et al. The effect of exercise on cytokines: Implications for musculoskeletal health: A narrative review. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2022; 14(1): 5. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00397-2>
6. Garneau L., Mulvihill E.E., Smith S.R. et al. Myokine Secretion following an Aerobic Exercise Intervention in Individuals with Type 2 Diabetes with or without Exercise Resistance. *Int J Mol Sci.* 2024; 25(9): 4889. <https://doi.org/10.3390/ijms25094889>
7. Severinsen M.C.K., Pedersen B.K. Muscle-organ crosstalk: the emerging roles of myokines. *Endocr Rev.* 2020; 41(4): 594–609. <https://doi.org/10.1210/edrev/bnaa016>
8. Fiuza-Luces C., Valenzuela P.L., Gálvez B.G. et al. The effect of physical exercise on anticancer immunity. *Nat Rev Immunol.* 2024; 24(4): 282–293. <https://doi.org/10.1038/s41577-023-00943-0>
9. Ringleb M., Javelle F., Haunhorst S. et al. Beyond muscles: Investigating immunoregulatory myokines in acute resistance exercise – A systematic review and meta-analysis. *FASEB J.* 2024; 38(7): e23596. <https://doi.org/10.1096/fj.202301619R>
10. Kistner T.M., Pedersen B.K., Lieberman D.E. Interleukin 6 as an energy allocator in muscle tissue. *Nat Metab.* 2022; 4(2): 170–179. <https://doi.org/10.1038/s42255-022-00538-4>
11. Arazi H., Falahati A., Suzuki K. Moderate intensity aerobic exercise potential favorable effect against COVID-19: the role of renin-angiotensin system and immunomodulatory effects. *Front Physiol.* 2021; 12: 747200. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.747200>

12. Do Brito Valente A.F., Jaspers R.T., Wüst R.C. Regular physical exercise mediates the immune response in atherosclerosis. *Exerc Immunol Rev.* 2021; 27: 42–53.
13. Kramer A. An overview of the beneficial effects of exercise on health and performance. *Adv Exp Med Biol.* 2020; 1228: 3–22. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1792-1_1
14. Marcucci-Barbosa L., Martins-Junior F., Lobo L. et al. The effects of strength training session with different types of muscle action on white blood cells counting and Th1/Th2 response. *Sport Sciences for Health.* 2020; 16: 239–248. <https://doi.org/10.1007/s11332-019-00597-3>
15. Islam H., Neudorf H., Mui A. et al. Interpreting 'anti-inflammatory' cytokine responses to exercise: focus on interleukin-10. *J Physiol.* 2021; 599(23): 5163–5177. <https://doi.org/10.1113/JP281356>
16. Fonseca H.A.R., Bittencourt C.R., Monteiro A.M. et al. Immunometabolic and vascular health responses among high endurance trained subjects. *Int J Sports Med.* 2024; 45(3): 245–252. <https://doi.org/10.1055/a-2186-2717>
17. Knudsen N.H., Stanya K.J., Hyde A.L. et al. Interleukin-13 drives metabolic conditioning of muscle to endurance exercise. *Science.* 2020; 368(6490): eaat3987. <https://doi.org/10.1126/science.aat3987>
18. Cheng A.J., Jude B., Lanner J.T. Intramuscular mechanisms of overtraining. *Redox Biol.* 2020; 35: 101480. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101480>
19. Morais G.P., Chemerka C., Masson A. et al. Excessive downhill training leads to early onset of knee osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil.* 2021; 29(6): 870–881. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2021.03.016>
20. Korb A., Bertoldi K., Lovatel G.A. et al. Acute exercise and periodized training in different environments affect histone deacetylase activity and interleukin-10 levels in peripheral blood of patients with type 2 diabetes. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2018; 141: 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.04.037>
21. García-Hermoso A., Ramírez-Vélez R., Díez J González A. et al. Exercise training-induced changes in exerkine concentrations may be relevant to the metabolic control of type 2 diabetes mellitus patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Sport Health Sci.* 2023; 12(2): 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.11.003>
22. Garneau L., Parsons S.A., Smith S.R. et al. Plasma myokine concentrations after acute exercise in non-obese and obese sedentary women. *Front Physiol.* 2020; 11: 18. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00018>
23. Tarigan A.P., Firdaus R., Pandia P. et al. Effectiveness of upper arm and breathing exercises to improve inflammatory markers in severe COVID-19 patients. *Narra J.* 2024; 4(1): e417. <https://doi.org/10.52225/narra.v4i1.417>
24. Rebello C.J., Axelrod C.L., Reynolds C.F. 3rd et al. Exercise as a Moderator of Persistent Neuroendocrine Symptoms of COVID-19. *Exerc Sport Sci Rev.* 2022; 50(2): 65–72. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000284>
25. Figueira T.O., Carvalho P.R.C., de Sousa Fernandes M.S. et al. The impact of supervised physical exercise on chemokines and cytokines in recovered COVID-19 patients. *Front Immunol.* 2023; 13: 1051059. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1051059>
26. Tortella P., D'elia F., Coco D. et al. Effect of physical activity on COVID-19 symptoms: A narrative review. *J Hum Sport Exerc.* 2021; 16: S2042–S2056.
27. Steenkamp L., Saggars R.T., Bandini R. et al. Small steps, strong shield: directly measured, moderate physical activity in 65 361 adults is associated with significant protective effects from severe COVID-19 outcomes. *Br J Sports Med.* 2022; 56(10): 568–576. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-105159>
28. Sobhy E., Kamal M.M., Saad Y. et al. Effect of branched-chain amino acid supplementation and exercise on quadriceps muscle quantity and quality in patients with cirrhosis as assessed by ultrasonography: A randomized controlled trial. *Clin Nutr ESPEN.* 2024; 61: 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2024.03.011>
29. Minniti G., Pescinini-Salzedas L.M., Minniti G.A.D.S. et al. Organokines, sarcopenia, and metabolic repercussions: the vicious cycle and the interplay with exercise. *Int J Mol Sci.* 2022; 23(21): 13452. <https://doi.org/10.3390/ijms232113452>
30. Piętownska Z., Nowicka D., Szepletowski J. Can biological drugs diminish the risk of sarcopenia in psoriatic patients? A systematic review. *Life.* 2022; 12(3): 435. <https://doi.org/10.3390/life12030435>
31. Jung H.N., Jung C.H., Hwang Y.C. Sarcopenia in youth. *Metabolism.* 2023; 144: 155557. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2023.155557>
32. Hu J., Wang Y., Ji X. et al. Non-pharmacological strategies for managing sarcopenia in chronic diseases. *Clin Interv Aging.* 2024; 19: 827–841. <https://doi.org/10.2147/CIA.S455736>
33. Supriya R., Singh K.P., Gao Y. et al. Effect of exercise on secondary sarcopenia: a comprehensive literature review. *Biology.* 2021; 11(1): 51. <https://doi.org/10.3390/biology11010051>
34. Cui H., Wang Z., Wu J. et al. Geriatrics Branch of the Chinese Medical Association. Chinese expert consensus on prevention and intervention for elderly with sarcopenia (2023). *AGING Med.* 2023; 6(2): 104–115. <https://doi.org/10.1002/agm2.12245>
35. Park J., Bae J., Lee J. Complex exercise improves anti-inflammatory and anabolic effects in osteoarthritis-induced sarcopenia in elderly women. *Healthcare.* 2021; 9(6): 711. <https://doi.org/10.3390/healthcare9060711>
36. Xiong T., Bai X., Wei X. et al. Exercise rehabilitation and chronic respiratory diseases: effects, mechanisms, and therapeutic benefits. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2023; 18: 1251–1266. <https://doi.org/10.2147/COPD.S408325>
37. Neunhäuserer D., Patti A., Niederseer D. et al. Systemic inflammation, vascular function, and endothelial progenitor cells after an exercise training intervention in COPD. *Am J Med.* 2021; 134(3): e171–e180. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.07.004>
38. Moraes-Ferreira R., Brandao-Rangel M.A.R., Gibson-Alves T.G. et al. Physical Training Reduces Chronic Airway Inflammation and Mediators of Remodeling in Asthma. *Oxid Med Cell Longev.* 2022; 2022: 5037553. <https://doi.org/10.1155/2022/5037553>
39. Cedeño de Jesús S., Almadana Pacheco V., Valido Morales A. et al. Exercise capacity and physical activity in non-cystic fibrosis bronchiectasis after a pulmonary rehabilitation home-based programme: a randomised controlled trial. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19(17): 11039. <https://doi.org/10.3390/ijerph191711039>
40. Runhaar J., Beavers D.P., Miller G.D. et al. Inflammatory cytokines mediate the effects of diet and exercise on pain and function in knee osteoarthritis independent of BMI. *Osteoarthr Cartil.* 2019; 27(8): 1118–1123. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2019.04.009>
41. Goh S.L., Persson M.S.M., Stocks J. et al. Efficacy and potential determinants of exercise therapy in knee and hip osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med.* 2019; 62(5): 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.04.006>
42. Smolen J.S., Landewé R.B.M., Bijlsma J.W.J. et al. EULAR recommendations for the management of rheumatoid arthritis with synthetic and biological disease-modifying antirheumatic drugs: 2019 update. *Ann Rheum Dis.* 2020; 79(6): S685–S699. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2019-216655>
43. Irby A., Gutierrez J., Chamberlin C. et al. Clinical management of tendinopathy: a systematic review of systematic reviews evaluating the effectiveness of tendinopathy treatments. *Scand J Med Sci Sport.* 2020; 30(10): 1810–1826. <https://doi.org/10.1111/sms.13734>
44. Turoń-Skrzypińska A., Miłoś A., Rył A. et al. Impact of effectiveness of physical activity in a virtual environment on the regulation of sclerostin and interleukin 6 levels in haemodialysis patients. *J Clin Med.* 2024; 13(8): 2321. <https://doi.org/10.3390/jcm13082321>
45. Meléndez-Oliva E., Sánchez-Vera Gómez-Trelles I., Segura-Orti E. et al. Effect of an aerobic and strength exercise combined program on oxidative stress and inflammatory biomarkers in patients undergoing hemodialysis: A single blind randomized controlled trial. *Int. Urol. Nephrol.* 2022; 54(9): 2393–2405. <https://doi.org/10.1007/s11255-022-03146-z>

46. Albuquerque M.L.L., Monteiro D., Marinho D.A. et al. Effects of different protocols of physical exercise on fibromyalgia syndrome treatment: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Rheumatol Int.* 2022; 42(11): 1893–1908. <https://doi.org/10.1007/s00296-022-05140-1>
47. Varangot-Reille C., Suso-Martí L., Romero-Palau M. et al. Effects of different therapeutic exercise modalities on migraine or tension-type headache: a systematic review and meta-analysis with a replicability analysis. *J Pain.* 2022; 23(7): 1099–1122. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2021.12.003>
48. Suso-Martí L., Núñez-Cortés R., Sánchez-Sabater A. et al. Effects of exercise-based interventions on inflammatory markers in patients with fibromyalgia: A systematic review and meta-analysis. *Semin Arthritis Rheum.* 2024; 65: 152377. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2024.152377>
49. Kundakci B., Kaur J., Goh S.L. et al. Efficacy of nonpharmacological interventions for individual features of fibromyalgia: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Pain.* 2022; 163(8): 1432–1445. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002500>
50. Savchenko A.A., Kudryavtsev I.V., Isakov D.V. et al. Recombinant human interleukin-2 corrects NK cell phenotype and functional activity in patients with post-COVID syndrome. *Pharmaceuticals (Basel).* 2023; 16(4): 537. <https://doi.org/10.3390/ph16040537>
51. Hong-Baik I., Úbeda-D'Ocasar E., Cimadevilla-Fernández-Pola E. et al. The effects of non-pharmacological interventions in fibromyalgia: a systematic review and metaanalysis of predominant outcomes. *Biomedicines.* 2023; 11(9): 2367. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11092367>
52. Chen J., Han B., Wu C. On the superiority of a combination of aerobic and resistance exercise for fibromyalgia syndrome: A network meta-analysis. *Front Psychol.* 2022; 13: 949256. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.949256>
53. Sharova O., Smiyan O., Borén T. Immunological effects of cerebral palsy and rehabilitation exercises in children. *Brain Behav Immun Health.* 2021; 18: 100365. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2021.100365>
54. Kruse A., Imery I., Corell L. et al. Circulating immune cell populations at rest and in response to acute endurance exercise in young adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2024; 66(7): 902–909. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15835>
55. Schlagheck M.L., Walzik D., Joisten N. et al. Cellular immune response to acute exercise: Comparison of endurance and resistance exercise. *Eur J Haematol.* 2020; 105(1): 75–84. <https://doi.org/10.1111/ejh.13412>
56. Graff R.M., Jennings K., LaVoy E.C.P. et al. T-cell counts in response to acute cardiorespiratory or resistance exercise in physically active or physically inactive older adults: a randomized crossover study. *J Appl Physiol.* 2022; 133(1): 119–129. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00301.2021>
57. De Hoop A.M.S., Valkenet K., Dronkers J.J. et al. Effects of exercise during chemo- or radiotherapy on immune markers: a systematic review. *Oncology.* 2024; 102(5): 425–440. <https://doi.org/10.1159/000534390>
58. Orange S.T., Jordan A.R., Odell A. et al. Acute aerobic exercise-conditioned serum reduces colon cancer cell proliferation in vitro through interleukin-6-induced regulation of DNA damage. *Int J Cancer.* 2022; 151(2): 265–274. <https://doi.org/10.1002/ijc.33982>
59. Toffoli E.C., Sweegers M.G., Bontkes H.J. et al. Effects of physical exercise on natural killer cell activity during (neo)adjuvant chemotherapy: A randomized pilot study. *Physiol Rep.* 2021; 9(11): e14919. <https://doi.org/10.14814/phy2.14919>
60. Zhu C., Ma H., He A. et al. Exercise in cancer prevention and anticancer therapy: Efficacy, molecular mechanisms and clinical information. *Cancer Lett.* 2022; 544: 215814. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2022.215814>
61. Kim J.S., Taaffe D.R., Galvão D.A. et al. Exercise in advanced prostate cancer elevates myokine levels and suppresses in-vitro cell growth. *Prostate Cancer Prostatic Dis.* 2022; 25(1): 86–92. <https://doi.org/10.1038/s41391-022-00504-x>
62. Schwappacher R., Dieterich W., Reljic D. et al. Muscle-derived cytokines reduce growth, viability and migratory activity of pancreatic cancer cells. *Cancers (Basel).* 2021; 13(15): 3820. <https://doi.org/10.3390/cancers13153820>
63. Salamon G., Dougherty D., Whiting L. et al. Effects of a prescribed, supervised exercise programme on tumour disease progression in oncology patients undergoing anti-cancer therapy: a retrospective observational cohort study. *Intern Med J.* 2023; 53(1): 104–111. <https://doi.org/10.1111/imj.15170>

Вегетативная дисфункция у пациентов, перенесших COVID-19: обзор

 Петров К.В.* ,  Можейко Е.Ю.,  Шанина Е.Г.,  Петров А.В.

Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого
Минздрава России, Красноярск, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Новая коронавирусная инфекция COVID-19 оказала значительное влияние на здоровье населения по всему миру, вызывая не только респираторные симптомы, но и широкий спектр системных нарушений, включая вегетативную дисфункцию (ВД). Вегетативная нервная система играет ключевую роль в регуляции жизненно важных функций организма, таких как сердечный ритм, артериальное давление (АД), дыхание и метаболизм. Нарушения в работе вегетативной нервной системы (ВНС) могут привести к серьезным последствиям для здоровья, включая хроническую усталость, ортостатическую гипотензию, тахикардию и другие симптомы, которые могут значительно снижать качество жизни пациентов.

ЦЕЛЬ. Анализ имеющихся научных данных о нарушении ВНС у пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19, ее возможных патофизиологических механизмах развития и потенциальных методах коррекции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Нами проведен поиск полнотекстовых публикаций на русском и английском языках за последние четыре года в базах данных eLIBRARY.RU, PubMed, Web of Science с использованием следующих ключевых слов: вегетативная дисфункция, SARS-CoV-2, ортостатическая недостаточность, COVID-19, постковидный синдром, autonomic dysfunction, orthostatic insufficiency, long COVID.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В обзоре подробно рассмотрены патофизиологические механизмы ВД у пациентов, перенесших COVID-19. Рассмотрены клинические проявления и подходы к ее коррекции. К настоящему времени идентифицировано множество симптомов ВД у пациентов, перенесших COVID-19.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проанализированные исследования свидетельствуют о наличии причинно-следственной связи между перенесенным COVID-19 и симптомами ВД. Однако необходимо дальнейшее изучение патофизиологии и характеристик спектра симптомов ВД, связанных с ковидной инфекцией, понимать ее естественное течение, оптимизировать лечение и реабилитационные мероприятия на основе персонализированного подхода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вегетативная дисфункция, SARS-CoV-2, ортостатическая недостаточность, COVID-19, постковидный синдром

Для цитирования / For citation: Петров К.В., Можейко Е.Ю., Шанина Е.Г., Петров А.В. Вегетативная дисфункция у пациентов, перенесших COVID-19: обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):103–111. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-103-111> [Petrov K.V., Mozheyko E.Yu., Shanina E.G., Petrov A.V. Autonomic Dysfunction in Long COVID Patients: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):103–111. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-103-111> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Петров Кирилл Владимирович, E-mail: kllpetrov@mail.ru, sci-prorektor@krasgmu.ru

Статья получена: 07.05.2024
Статья принята к печати: 03.10.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

Autonomic Dysfunction in Long COVID Patients: a Review

 Kirill V. Petrov*,  Elena Yu. Mozheyko,  Elena G. Shanina,  Artem V. Petrov

Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The new coronavirus infection COVID-19 has had a significant impact on the health of populations around the world, causing not only respiratory symptoms, but also a wide range of systemic disorders, including autonomic dysfunction. The autonomic nervous system plays a key role in regulating vital body functions such as heart rate, blood pressure, respiration and metabolism. Disorders of the autonomic nervous system can lead to serious health consequences, including chronic fatigue, orthostatic hypotension, tachycardia and other symptoms that can markedly impair the quality of life of patients.

AIM. To analyze the available scientific data on autonomic nervous system dysfunction in long COVID patients, its possible pathophysiological mechanisms of development and potential methods of correction.

MATERIALS AND METHODS. We have searched for full-text publications in Russian and English over the past four years in eLIBRARY.RU, PubMed, Web of Science databases using the keywords: autonomic dysfunction, SARS-CoV-2, orthostatic insufficiency, COVID-19, long COVID.

RESULTS AND DISCUSSION. The review examines in detail the pathophysiological mechanisms of autonomic dysfunction in long COVID patients. The clinical manifestations and approaches to its correction are considered. To date, many symptoms of autonomic dysfunction have been identified in long COVID patients.

CONCLUSION. The analyzed studies indicate the presence of a causal relationship between the new coronavirus infection COVID-19 and the symptoms of autonomic dysfunction. However, it is necessary to further study the pathophysiology and characteristics of the spectrum of symptoms of autonomic dysfunction associated with COVID infection, to understand its natural course, to optimize treatment and rehabilitation measures based on a personalized approach.

KEYWORDS: autonomic dysfunction, SARS-CoV-2, orthostatic insufficiency, COVID-19, long COVID

For citation: Petrov K.V., Mozheyko E.Yu., Shanina E.G., Petrov A.V. Autonomic Dysfunction in Long COVID Patients: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):103–111. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-103-111> (In Russ.).

* **For correspondence:** Kirill V. Petrov, E-mail: kllpetrov@mail.ru, sci-prorector@krasgmu.ru

Received: 07.05.2024

Accepted: 03.10.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Новая коронавирусная инфекция 2019 г. COVID-19 (COronaVirus Disease 2019) — тяжелая острая респираторная инфекция, вызванная коронавирусом SARS-CoV-2 (Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2), быстро распространилась по всему миру, что привело к глобальной пандемии и вызвало значительную смертность и заболеваемость, особенно среди уязвимых групп населения [1]. Несмотря на то, что респираторные симптомы наиболее распространены, сообщалось о внелегочных поражениях, включая вовлечение как центральной, так и периферической нервных систем [2, 3]. При легком течении COVID-19 неврологические симптомы напоминают симптомы других респираторных вирусных инфекций, как например при вирусе пандемического гриппа А (H1N1), а именно усталость, головная боль, головокружение и неспецифические симптомы, такие как anosmia и ageusia [4]. Кроме того, у некоторых пациентов в крайне тяжелом состоянии развиваются поражения центральной нервной системы, такие как энцефалит, энцефаломиелит, ишемический инсульт и расстройства периферической нервной системы, к примеру, синдром Гийена — Барре, которые могут вызвать дополнительные осложнения у пациентов, болеющих COVID-19 [5, 6]. Хотя данные о вегетативной дисфункции (ВД) при COVID-19 ограни-

чены, появляется все больше данных, свидетельствующих о том, что ВД — распространенное осложнение у данной группы пациентов [7–12], на что указывает появление таких симптомов, как повышенная потливость, ортостатическая недостаточность, вестибулярные нарушения, нарушение сна, непереносимость физической нагрузки [13].

ЦЕЛЬ

Целью настоящего литературного обзора явился анализ имеющихся научных данных о нарушении вегетативной нервной системы (ВНС) у пациентов, перенесших COVID-19, ее возможных патофизиологических механизмах развития и потенциальных методах коррекции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Коллективом авторов был проведен систематический поиск полнотекстовых публикаций на русском и английском языках в базах данных eLIBRARY.RU, PubMed, Web of Science с 2019 по 2024 г. включительно. Поиск проводился с использованием следующих ключевых слов: вегетативная дисфункция, SARS-CoV-2, ортостатическая недостаточность, COVID-19, постковидный синдром, autonomic dysfunction, orthostatic insufficiency, long COVID.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Патофизиология

У пациентов, перенесших COVID-19, вследствие нейротоксического действия развивается целый симптомокомплекс поражения надсегментарного аппарата высшей нервной системы.

Goldstein D.S. высказал предположение о влиянии COVID-19 на ВНС [14]. Механизм этого влияния сложен. ВД может быть вызвана непосредственно цитопатическим воздействием на клетки ВНС; эффектом, опосредованным специфическим воздействием SARS-CoV-2 на клетки, экспрессирующие рецептор ангиотензин-превращающего фермента 2 (АПФ2); а также нарушением баланса симпатической и парасимпатической части ВНС [14].

Воздействие SARS-CoV-2 на АПФ2 изменяет активность ренин-ангиотензиновой системы. АПФ2 снижает артериальное давление (АД), катализируя гидролиз ангиотензина I или II (вазоконстрикторы) в ангиотензин 1–9 и 1–7 соответственно (вазодилаторы), поэтому дисбаланс уровня экспрессии АПФ2 под влиянием коронавирусной инфекции может изменять АД [15].

SARS-CoV-2 подавляет парасимпатическую нервную систему, что приводит к подавлению противовоспалительных эффектов и развитию цитокинового шторма [16]. Примечательно, что по принципу обратной связи гиперактивация блуждающего нерва через никотиновые ацетилхолиновые рецепторы снижает экспрессию или активность АПФ2, что может снизить проникновение вируса, обусловленное взаимодействием с рецептором АПФ2 [17].

Таким образом, ВД при COVID-19 проявляется симптомами симпатического шторма, а с учетом снижения опосредованного противовоспалительного эффекта парасимпатической нервной системы косвенно может способствовать развитию и цитокинового шторма. Следовательно, симпатический и цитокиновый штормы вместе с активацией ренин-ангиотензиновой системы являются главным звеном, участвующим в развитии ВД при COVID-19 [18, 19].

Клинические проявления вегетативной дисфункции

Изменения со стороны кожи. Михайлов А.О. и соавт. в своем исследовании изучили и систематизировали клинические проявления астенического синдрома через 6 и 12 месяцев у пациентов, перенесших COVID-19. В частности, были оценены вегетативные нарушения со стороны кожных покровов. Было установлено, что из 200 пациентов, принявших участие в исследовании, жалобы на повышенную потливость и кожный зуд предъявляли 7,4 % лиц через 6 месяцев и 10 % через 12 месяцев [20].

Нервная система. Одним из частых симптомов ВД со стороны центральной нервной системы является головная боль, которая может сопровождаться рвотой и тошнотой независимо от приема пищи. Она может зависеть от метеусловий, стрессовых и эмоциональных ситуаций, а также от физического перенапряжения [21].

Постоянная усталость является распространенным симптомом ВД с многофакторными причинами, в том числе гипометаболизмом головного мозга [22]. Исследование выраженной астении у 61 пациента, перенесшего COVID-19, показало, что через 10 недель после за-

ражения SARS-CoV-2 более 50 % наблюдаемых страдали от усталости. Не было выявлено связи между развитием усталости, тяжестью течения COVID-19 и уровнем маркеров воспаления [23].

Известно, что в симптомокомплекс проявлений вегетонии у пациентов, перенесших COVID-19, входят астения, снижение памяти и внимания, частые головокружения, сонливость. Для пациентов с преобладанием парасимпатикотонии будет характерен синдром вестибулопатии, который проявляется головокружением в сочетании с тошнотой и рвотой, а также мраморностью кожных покровов, брадикардией и гипотонией.

Нарушение сна. Нарушение сна после перенесенного COVID-19 — это достаточно распространенное явление. До пандемии COVID-19 распространенность инсомнии (бессонницы) в мире составляла около 10,8–15,1 % [24, 25]. С момента появления COVID-19 было замечено, что количество людей, страдающих от проблем со сном, увеличилось на 42 % [26]. В проспективном одноцентровом наблюдательном когортном исследовании показано, что у 119 пациентов, перенесших COVID-19, через 60 дней после выписки из стационара сохранялись жалобы на расстройство сна в 57 % случаев [27].

В связи с тем, что проблемы со сном стали очень распространенными среди людей, перенесших COVID-19, в литературе появился новый термин “coronasomnia”. Этот термин описывает нарушения сна, которые возникают после перенесенного COVID-19. К проявлениям coronasomnia относятся инсомния, нарушения непрерывности сна, изменения в цикле сон – бодрствование, а также ощущение невозстанавливающего сна, то есть ухудшение его качества [24].

Сердечно-сосудистая система. У пациентов с ВД и постковидным синдромом возможно появление следующих симптомов: кардиалгическая боль (без наличия органических изменений со стороны кардиоваскулярной системы), чувство стеснения в груди, снижение толерантности к физической нагрузке, нестабильные числовые значения показателей АД (синдром артериальной гипертензии/гипотензии, синдром лабильности АД) и частоты сердечных сокращений в виде тахикардии, брадикардии и экстрасистолии, ортостатическая непереносимость (ортостатическая недостаточность/тахикардия, вазовагальный обморок) [28].

Дыхательная система. У пациентов, не имеющих выраженных нарушений легочной ткани после перенесенной пневмонии, обусловленной COVID-19, часто развивается одышка как проявление гипервентиляции на фоне ВД и повышенной тревожности (повреждение внутригрудных рефлекторных рецепторов или зон ствола/коры головного мозга) [29, 30]. Нередко таких пациентов беспокоит боль в грудной клетке, дыхательный дискомфорт (ограничение вдоха, ощущение тяжести в груди), кашель [31].

Желудочно-кишечный тракт. Психогенные нарушения пищеварительной системы часто встречаются у пациентов с ВД. Как известно, острые боли в животе являются неотложным состоянием, которое незамедлительно требует оценки дальнейшей тактики ведения вплоть до хирургического лечения. Однако нарушения ВНС могут провоцировать клинику острого живота без органических изменений и носят повторяющийся характер. Наиболее распространенными симптомами

среди данной группы пациентов будут являться нарушения аппетита, тошнота, нарушения стула по типу запора или поноса [31–33].

Ортостатическая непереносимость при ВД. Синдромы ортостатической непереносимости включают ортостатическую гипотензию (ОГ), вазовагальный обморок и синдром постуральной ортостатической тахикардии. Патофизиология зависит от аномальной вегетативной реакции на ортостаз (вставание). В норме в ответ на афферентную стимуляцию ствола мозга от рецепторов полукружных каналов и прессорецепторов стоп повышается тонус емкостных сосудов, расположенных ниже диафрагмы, повышается тонус периферических артерий и снижается тонус мозговых артерий. В результате происходит внутренняя «централизация кровообращения» и увеличение среднего АД. В сочетании с пониженным сопротивлением церебральных сосудов это обеспечивает сохранение нормального церебрального перфузионного давления в момент подъема головного конца и отсутствие каких-либо ортостатических реакций [34].

У пациентов, перенесших COVID-19, вследствие патологической реакции сердечно-сосудистой системы в ответ на вертикализацию происходит повышение объема крови в емкостных сосудах ниже диафрагмы, уменьшение венозного возврата к сердцу. Это способствует стимуляции барорецепторов в сердце и аорте, которые реагируют повышением симпатического тонуса, что приводит к тахикардии, тем самым компенсируя снижение ударного объема. Эти синдромы могут усугубляться гиповолемией, возникающей в результате первоначальной инфекции или из-за ухудшения состояния при длительном постельном режиме. Продолжительный постельный режим также способствует снижению сердечного выброса и ударного объема, гиповолемии, ухудшению барорефлекса и отмене симпатического нервного ответа [35].

Коррекция вегетативной дисфункции

Ввиду высокой распространенности расстройства ВНС у пациентов, перенесших COVID-19, отмечается рост публикаций, посвященных методам как медикаментозной, так и немедикаментозной коррекции данных нарушений.

Медикаментозные методы коррекции. В настоящее время нет утвержденных клинических рекомендаций по медикаментозному лечению ВД, после перенесенного COVID-19, основанных на принципах доказательной медицины. В терапии вегетативных нарушений, как перманентных, так и пароксизмальных, рекомендовано использование следующих групп лекарственных препаратов: транквилизаторы (типичные и атипичные бензодиазепины), антидепрессанты и нейролептики [36]. При наличии противопоказаний или в качестве дополнительной терапии могут быть использованы антиконвульсанты, малые нейролептики и другие препараты с вегетотропной активностью.

Базовыми препаратами в лечении вегетативных расстройств являются антидепрессанты, которые применяют в качестве монотерапии либо в комбинации с другими препаратами. Показано, что терапия антидепрессантами рекомендуется не только в ситуациях, когда вегетативные нарушения проявляются депрессивной симптоматикой, но и в случае, если они протекают

в рамках тревожных расстройств [36, 37]. Используются трициклические, селективные ингибиторы обратного захвата серотонина (СИОЗС), а также антидепрессанты двойного действия — СИОЗС и норадреналина. Наиболее эффективными являются СИОЗС. В исследованиях показана лучшая переносимость и более высокая их эффективность в отношении фобических расстройств по сравнению с другими антидепрессантами [37]. К этой группе относятся флуоксетин (20 мг в сутки), эсциталопрам (10 мг в сутки) или сертралин (100–200 мг в сутки). Существуют рекомендации о необходимости начинать терапию антидепрессантами с малых доз (1/2–1/4 планируемой дозы) с постепенным их наращиванием в течение 7–10 дней. Эффект антидепрессантов класса СИОЗС развивается медленно, на 2–4-й неделе приема препаратов, а на получение полного эффекта уходит не менее 6–8 недель. Среди побочных эффектов на старте приема препаратов описан временный эффект ухудшения состояния, усиления тревожности и даже учащения вегетативных кризов. Антидепрессанты стимулируют активность серотонинергических систем головного мозга, ослабляют возбудимость миндалин, блокируя ее возбуждающее действие на гипоталамус и вегетативные структуры ствола мозга. Применение антидепрессантов уменьшает тревогу ожидания вегетативных кризов, предупреждает сами кризы, а также воздействует на агорофобические и депрессивные проявления. При передозировке серотониномиметических препаратов или начале лечения большими дозами может возникать серотониновый синдром, проявляющийся высоким АД, кишечными спазмами, гипертермией, психомоторным возбуждением, вызывая необходимость отмены препарата или снижения его дозы [36]. Долговременный прием современных антидепрессантов не менее 3 месяцев безопасен и рекомендован для достижения наилучшего эффекта [37].

Транквилизаторы по-прежнему остаются основным средством, направленным на редукцию тревожных явлений [36]. Часто ВД сопряжена с эмоционально-аффективными расстройствами (тревога, депрессия, фобии, истерия, ипохондрия). При выраженных тревожных расстройствах препаратами первого выбора являются анксиолитики бензодиазепинового ряда, нередко требуется подбор комбинированной терапии данными препаратами. Бензодиазепины усиливают действие гамма-аминомасляной кислоты, являющейся основным тормозным медиатором в центральной нервной системе. В определении стратегии лечения пациентов данными средствами необходимо соотносить факторы риска его проведения и пользы. В качестве пользы — улучшение состояния здоровья и социальной адаптации. В качестве рисков могут выступать осложнения, побочные реакции, прежде всего седация, которая, как правило, регрессирует по мере продолжения лечения [36]. В качестве препаратов базовой терапии может быть использован клоназепам (средняя суточная доза — 2 мг) или бромдигидрохлорфенилбензодиазепин (Феназепам по 0,5–1 мг). Наиболее существенной проблемой в использовании бензодиазепинов является развитие привыкания и зависимости. Поэтому препараты используются курсами не более 4 недель. В некоторых случаях возможно сочетанное применение антидепрессантов и бензодиазепинов с целью достижения более ранне-

го клинического эффекта (на первой неделе лечения), а также с целью раннего предотвращения повторных панических атак [36, 38, 39].

Другие препараты с потенциальным вегетотропным действием (Анаприлин, Вегетрокс, Беллоид, Белласпон и др.) и сосудисто-метаболические (циннаризин, винпоцетин, пентоксифиллин, пирацетам, церебролизин) препараты, ранее широко используемые для коррекции вегетативных нарушений, в настоящее время практически не используются в силу их низкой эффективности либо используются в качестве дополнительных средств для коррекции побочных эффектов базисных средств. Допустимо использовать отдельные препараты (β -блокаторы, бетагистин, сульбутиамин и др.) как дополнительные симптоматические средства для коррекции наиболее значимых для пациента симптомов [36, 38].

С целью коррекции состояний, связанных с ОГ, целесообразно использовать препараты, увеличивающие объем циркулирующей жидкости, повышающие эндогенную активность симпатической нервной системы и способствующие вазоконстрикции, блокирующие вазодилатацию. Наиболее эффективными считаются минералокортикоиды (α -флудрокортизон). Флудрокортизон применяется по 0,05 мг 2 раза в день с постепенным увеличением по 0,05 мг в неделю до суточной дозы 0,3–1 мг. С осторожностью, с учетом феномена артериальной гипертензии в положении лежа, назначаются α -адреномиметики, дающие эффект вазоконстрикции периферических сосудов. К таким препаратам относится мидодрин (по 2,5–5 мг каждые 2–4 часа), метилфенидат (по 5–10 мг 3 раза в сутки за 15–30 минут до еды). Также с целью повышения АД иногда достаточно приема 2 чашек кофе или 250 мг кофеина утром [34]. Уменьшению ОГ может способствовать и пиридостигмин (Калимин), механизм действия которого связан с активацией симпатических нейронов в ганглиях. Калимин не усиливает гипертензию в положении лежа. Начальная доза — 30 мг 2–3 раза в сутки с возможным повышением до 180 мг в сутки. При необходимости препарат можно комбинировать с мидодрином и флудрокортизоном [36].

С целью предупреждения периферической вазодилатации у пациентов с ОГ могут использоваться β -адреноблокаторы (пропранолол по 10–40 мг 3–4 раза в сутки; пиндолол по 2,5–5 мг 2–3 раза в сутки), нестероидные противовоспалительные препараты (индометацин по 25–50 мг 3 раза в день, Ибупрофен по 200–600 мг 3 раза в день во время приема пищи). Есть сообщения об эффективности Эритропоэтина в лечении ортостатических нарушений, оказывающего симпатомиметическое действие в дозе 2000 ЕД подкожно 3 раза в неделю, всего 10 инъекций [34].

При парезах желудка и кишечника необходим частый прием пищи малыми порциями. Рекомендованы препараты метоклопрамид (Церукал) в дозе 5–20 мг 3 раза в день за полчаса до еды, домперидон (Мотилиум) в дозе 10 мг 4 раза в день, антихолинэстеразные средства. При возникшей диарее назначают лоперамид (Имодиум) по 4 мг 2 раза в сутки, кодеина фосфат до 300 мг в сутки, малые дозы антибиотиков, пробиотические препараты [36].

Учитывая, что вегетативные нарушения возникают вследствие дисфункции вегетативных ядер в подкорковых образованиях головного мозга, назначаются препараты, улучшающие обменные процессы, кровоо-

бращение в этих структурах (ноотропы, антиоксиданты, метаболические средства). Так, описано применение антиоксидантных препаратов, в том числе производных янтарной кислоты (2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина сукцинат; комбинированный препарат инозин + никотинамид + рибофлавин + янтарная кислота) в коррекции постстрессового поведения, соматовегетативных нарушений, восстановления цикла сон – бодрствование, толерантности к физическим нагрузкам [40–42].

В исследованиях описано использование лекарственных средств, активирующих адаптивную функцию ВНС — некоторых иммуномодуляторов (например, Ликопид) [40]. Данные препараты используют курсами в качестве симптоматической терапии либо для коррекции побочных действий антидепрессантов [43], что позволяет стабилизировать не только вегетативный статус, но и общее соматическое/психическое состояние.

Немедикаментозные методы коррекции. Немедикаментозным методам коррекции ВД после перенесенного COVID-19 посвящено растущее количество исследований в отношении реабилитационных вмешательств, которые имеют в основном уровень открытых, одноцентровых, зачастую нерандомизированных исследований. Ряд публикаций содержат сведения, относящиеся к экспертному мнению (уровень доказательности — 5С). Ограниченность доказательной базы реабилитационных методик в целом, и в том числе отдельных видов гимнастик, подчеркивается исследователями [44, 45].

Коррекция ортостатической недостаточности, в частности, у пациентов, перенесших COVID-19, основана на анализе ранее опубликованных международных рекомендаций, консенсусных заявлениях [34, 35]. Они исходят из комплексного подхода [34, 35] и включают повышение толерантности к физической нагрузке, восполнение водно-солевого баланса, избегание провоцирующих факторов, ношение компрессионного белья на нижних конечностях или абдоминального бандажа, сон с приподнятым головным концом кровати, отмену препаратов, которые могут привести к развитию ортостатической недостаточности.

Широко используются в постковидной реабилитации физические методы, которые воздействуют на все уровни вегетативной регуляции (надсегментарный, сегментарный, периферический). Пациентам рекомендованы активные динамические и силовые упражнения (с использованием силовых или с биологической обратной связью тренажерами, свободными весами и эластическими лентами), направленные на коррекцию гибкости и мышечной слабости мышц туловища, верхних и нижних конечностей. Аэробные циклические нагрузки и интервальные тренировки способствуют повышению толерантности к физической нагрузке [44].

Дыхательные гимнастика является немаловажной частью комплексной реабилитации. Помимо улучшения вентиляционной функции легких, восстановления правильного паттерна дыхания, диафрагмальное дыхание способствует активизации парасимпатической нервной системы, уменьшению тревоги. Применяются статические и динамические упражнения, тренировки основных и вспомогательных мышц вдоха, диафрагмальное дыхание, использование дренажных положений, точные дыхательные системы техники полного дыхания йогов и Цигун-терапии [44].

Имеются данные о применении различных методов физиотерапии с целью стабилизации вегетативных центров, восстановления баланса симпатической и парасимпатической нервных систем. Могут использоваться следующие методы физиотерапевтического лечения: низкочастотная магнитотерапия, электросон, электрофорез, лазерная терапия [46]. Наиболее доказанным является эффект применения низкочастотной магнитотерапии в отношении нормализации вегетативной регуляции. Данный метод показал свою эффективность в рамках двойного плацебо-контролируемого исследования [47]. Доказано, что применение низкочастотной магнитотерапии курсом 10–12 процедур в рамках постковидной реабилитации пациентов, перенесших COVID-19, приводит к значительным улучшениям: уменьшению астенического синдрома на 86,7 %, снижению тяжести одышки на 76,7 %, уменьшению интенсивности кашля на 80 %, улучшению функциональных показателей легких по данным спирометрии на 16,4 %, повышению толерантности к физической нагрузке на 64 % и улучшению повседневной активности на 44,5 % по сравнению с контрольной группой, получавшей плацебо-магнитотерапию [47]. В амбулаторной практике применяется электрофорез на верхне-шейный отдел позвоночника, при ваготонии — с солями кальция, кофеином, мезатоном; при симпатикотонии — с 0,5 % раствором эуфиллина, папаверина, магнием, бромом [44].

Массаж в реабилитации ВД при постковидном синдроме привлекают как дополнительный метод лечения с целью улучшения крово- и лимфообращения, повышения общего тонуса. Используют классический, сегментарный и рефлекторный виды массажа [44]. Исследования эффективности массажа на пациентах после перенесенного COVID-19, в частности, при нарушении ВНС не проводились.

Пациентам с вестибуло-атактическими нарушениями, включая постурально-фобический синдром, применяется вестибулярная коррекция, которая включает в себя вестибулярную гимнастику, упражнения на равновесие, активную вертикализацию и лечебные позиционные маневры, выполняемые врачом [44].

ВД вследствие постковидного синдрома имеет общий патогенез и часто сочетается с тревожностью и депрессией. Поэтому в комплексном реабилитационном курсе рекомендуется использование индивидуальных занятий/бесед по психологической и когнитивно-поведенческой терапии, а также других методов психологической реабилитации [44, 48].

Существенная часть исследований, найденных в результате обзора литературы, не были изначально запланированы для оценки эффективности коррекции нарушений ВНС, при этом полученные результаты тех или

иных реабилитационных воздействий имеют косвенное влияние и на вегетативные симптомы [49–51].

Большое количество публикаций, относящихся к коррекции ВД и опубликованных ранее, должно быть оценено с точки зрения их переноса на пациентов с постковидным синдромом. К ним относятся выполнение физических упражнений, релаксационных техник, таких как йога, медитация, глубокое дыхание, сеансы психотерапии, изменение образа жизни [44]. Однако требуется дальнейшее изучение и подтверждение в клинических исследованиях безопасности и эффективности данных методов немедикаментозного лечения у пациентов после перенесенного COVID-19.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, ВД у пациентов, перенесших COVID-19, независимо от степени тяжести заболевания является часто встречающейся, трудно корригируемой и длительно существующей проблемой, которая накладывает свой отпечаток на повседневную жизнь и социальную активность.

Повышенный интерес к проблеме ВД после COVID-19 подтверждается большим количеством как отечественных, так и зарубежных статей, опубликованных уже после завершения пандемии [52–57]. В большинстве публикаций подчеркивается роль повышения тонуса и реактивности ВНС как фактора утяжеления состояния пациента как в острый период, так и на стадии восстановления. Основными симптомами ВД, нарушающими повседневное функционирование, у пациентов, перенесших COVID-19, являются астенический синдром, одышка, сниженная толерантность к физической нагрузке, нарушение сна, эмоционально-волевые нарушения.

Для лечения ВД используются различные методы, включая когнитивно-поведенческую терапию. Кроме того, многие авторы считают основным методом применение лекарственных препаратов, среди них транквилизаторы, антидепрессанты, нейролептики, ноотропы, антиоксиданты и метаболические средства. Используются физические методы, обладающие неспецифическим действием в виде повышения толерантности к физической нагрузке (дыхательные упражнения, аэробные циклические тренировки, физиотерапевтические процедуры), а также специфические воздействия в виде коррекции ортостатических, вестибулярных нарушений, мероприятий по улучшению сна, коррекции тревоги и депрессии.

С точки зрения доказательной медицины данная проблематика требует дальнейших исследований для изучения распространенности в популяции, патофизиологии, клинических особенностей и подходов к лечению, в частности немедикаментозного, с оценкой клинической эффективности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Петров Кирилл Владимирович, аспирант, кафедра физической и реабилитационной медицины с курсом последипломного образования, Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России.

E-mail: kllpetrov@mail.ru, sci-prorector@krasgmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6116-1292>

Можейко Елена Юрьевна, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой физической и реабилитационной медицины с курсом последипломного образования, Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9412-1529>

Шанина Елена Геннадьевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры физической и реабилитационной медици-

ны с курсом последипломного образования, Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0695-8351>

Петров Артем Владимирович, студент 5-го курса, лечебный факультет, Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2757-4875>

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: Петров К.В. — анализ данных, написание и редактирование рукописи,

проверка и редактирование рукописи, курирование проекта; Можейко Е.Ю. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи, курирование проекта, руководство проектом; Шанина Е.Г. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи, курирование проекта; Петров А.В. — обеспечение материалов для исследования, написание черновика 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

Kirill V. Petrov, Postgraduate, Department of Physical and Rehabilitation Medicine with Postgraduate Education Course, Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University. E-mail: klppetrov@mail.ru, sci-prorektor@krasgmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6116-1292>

Elena Yu. Mozheyko, D.Sc. (Med.), Associate Professor, Head of Department of Physical and Rehabilitation Medicine with Postgraduate Education Course, Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9412-1529>

Elena G. Shanina, Ph.D. (Med.), Associate Professor, Department of Physical and Rehabilitation Medicine with Postgraduate Education Course, Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0695-8351>

Artem V. Petrov, 5th Year Student, Faculty of Medicine, Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2757-4875>

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: Petrov K.V. — formal analysis, writing original draft, writing review and editing, supervision; Mozheyko E.Yu. — writing original draft, writing review and editing, supervision, project administration; Shanina E.G. — writing original draft, writing review and editing, supervision; Petrov A.V. — resources, writing original draft.

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

- Chan A.T., Drew D.A., Nguyen L.H. et al. COPE Consortium. The COronavirus Pandemic Epidemiology (COPE) Consortium: A Call to Action. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2020; 29(7): 1283–1289. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-20-0606>
- Iadecola C., Anrather J., Kamel H. Effects of COVID-19 on the Nervous System. *Cell.* 2020; 183(1): 16–27.e1. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.08.028>
- Jiang F., Deng L., Zhang L. et al. Review of the Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *J Gen Intern Med.* 2020; 35(5): 1545–1549. <https://doi.org/10.1007/s11606-020-05762-w>
- da Costa V.G., Saivish M.V., Santos D.E.R. et al. Comparative epidemiology between the 2009 H1N1 influenza and COVID-19 pandemics. *J Infect Public Health.* 2020; 13(12): 1797–1804. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.09.023>
- Niazkar H.R., Zibae B., Nasimi A. et al. The neurological manifestations of COVID-19: a review article. *Neurol Sci.* 2020; 41(7): 1667–1671. <https://doi.org/10.1007/s10072-020-04486-3>
- Helms J., Kremer S., Merdji H. et al. Neurologic Features in Severe SARS-CoV-2 Infection. *N Engl J Med.* 2020; 382(23): 2268–2270. <https://doi.org/10.1056/NEJM2008597>
- Erdal Y., Atalar A.C., Gunes T. et al. Autonomic dysfunction in patients with COVID-19. *Acta Neurol Belg.* 2022; 122(4): 885–891. <https://doi.org/10.1007/s13760-022-01899-z>
- Ghosh R., Roy D., Sengupta S. et al. Autonomic dysfunction heralding acute motor axonal neuropathy in COVID-19. *J Neurovirol.* 2020; 26(6): 964–966. <https://doi.org/10.1007/s13365-020-00908-2>
- Goodman B.P., Khoury J.A., Blair J.E. et al. COVID-19 Dysautonomia. *Front Neurol.* 2021; 12: 624968. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.624968>
- Figuerola J.J., Cheshire W.P., Claydon V.E. et al. Autonomic function testing in the COVID-19 pandemic: an American Autonomic Society position statement. *Clin Auton Res.* 2020; 30(4): 295–297. <https://doi.org/10.1007/s10286-020-00702-4>
- Buoite Stella A., Furlanis G., Frezza N.A. et al. Autonomic dysfunction in post-COVID patients with and without neurological symptoms: a prospective multidomain observational study. *J Neurol.* 2022; 269(2): 587–596. <https://doi.org/10.1007/s00415-021-10735-y>
- Zanin A., Amah G., Chakroun S. et al. Parasympathetic autonomic dysfunction is more often evidenced than sympathetic autonomic dysfunction in fluctuating and polymorphic symptoms of “long-COVID” patients. *Sci Rep.* 2023; 13(1): 8251. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35086-8>
- Nath A. Long-Haul COVID. *Neurology.* 2020; 95(13): 559–560. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000010640>

14. Goldstein D.S. The extended autonomic system, dyshomeostasis, and COVID-19. *Clin Auton Res.* 2020; 30: 299–315. <https://doi.org/10.1007/s10286-020-00714-0>
15. Beyerstedt S., Casaro E.B., Rangel É.B. COVID-19: angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) expression and tissue susceptibility to SARS-CoV-2 infection. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2021; 40(5): 905–919. <https://doi.org/10.1007/s10096-020-04138-6>
16. Al-Kuraishy H.M., Al-Gareeb A.I., Qusti S. et al. Covid-19-Induced Dysautonomia: A Menace of Sympathetic Storm. *ASN Neuro.* 2021; 13: 17590914211057635. <https://doi.org/10.1177/17590914211057635>
17. Fudim M., Qadri Y.J., Ghadimi K. et al. Implications for Neuromodulation Therapy to Control Inflammation and Related Organ Dysfunction in COVID-19. *J Cardiovasc Transl Res.* 2020; 13(6): 894–899. <https://doi.org/10.1007/s12265-020-10031-6>
18. Davis H.E., Assaf G.S., McCorkell L. et al. Characterizing long COVID in an international cohort: 7 months of symptoms and their impact. *EClinicalMedicine.* 2021; 38: 101019. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101019>
19. Scoppettuolo P., Borrelli S., Naeije G. Neurological involvement in SARS-CoV-2 infection: a clinical systematic review. *Brain Behav Immun Health.* 2020; 5: 100094. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2020.100094>
20. Михайлов А.О., Сокотун С.А., Плехова Н.Г. и др. Клинические проявления астенического синдрома после коронавирусной инфекции, вызванной SARS-CoV-2. *Журнал инфектологии.* 2023; 15(2): 60–67. <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2023-15-2-60-67> [Mikhailov A.O., Sokotun S.A., Plekhova N.G. et al. Clinical manifestations of asthenic syndrome after coronavirus infection caused by SARS-CoV-2. *Journal Infectology.* 2023; 15(2): 60–67. <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2023-15-2-60-67> (In Russ.)]
21. Sampaio Rocha-Filho P.A., Albuquerque P.M., Carvalho L.C.L.S. et al. Headache, anosmia, ageusia and other neurological symptoms in COVID-19: a cross-sectional study. *J Headache Pain.* 2022; 23(1): 2. <https://doi.org/10.1186/s10194-021-01367-8>
22. Guedj E., Campion J.Y., Dudouet P. et al. 18F-FDG brain PET hypometabolism in patients with long COVID. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2021; 48(9): 2823–2833. <https://doi.org/10.1007/s00259-021-05215-4>
23. Matits L., Munk M., Bizjak D.A. et al. Inflammation and severity of depressive symptoms in physically active individuals after COVID-19 – An exploratory immunopsychological study investigating the effect of inflammation on depressive symptom severity. *Brain Behav Immun Health.* 2023; 30: 100614. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2023.100614>
24. Gupta R., Pandi-Perumal S.R. COVID-Somnia: How the Pandemic Affects Sleep/Wake Regulation and How to Deal with it? *Sleep Vigil.* 2020; 4(2): 51–53. <https://doi.org/10.1007/s41782-020-00118-0>
25. Котова О.В., Медведев В.Э., Полуэктов М.Г. и др. Расстройства сна при постковидном синдроме — проблема психиатрии или неврологии? *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски.* 2022; 122(5–2): 23–28. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212205223> [Kotova O.V., Medvedev V.E., Poluektov M.G. et al. Sleep disorders in post-COVID syndrome — a problem of psychiatry or neurology? *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. Special issues.* 2022; 122(5-2): 23–28. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212205223> (In Russ.)]
26. Daly M., Sutin A.R., Robinson E. Longitudinal changes in mental health and the COVID-19 pandemic: evidence from the UK Household Longitudinal Study. *Psychol Med.* 2022; 52(13): 2549–2558. <https://doi.org/10.1017/S0033291720004432>
27. D’Cruz R.F., Waller M.D., Perrin F. et al. Chest radiography is a poor predictor of respiratory symptoms and functional impairment in survivors of severe COVID-19 pneumonia. *ERJ Open Res.* 2021; 7(1): 00655–2020. <https://doi.org/10.1183/23120541.00655-2020>
28. Raman B., Bluemke D.A., Lüscher T.F. et al. Long COVID: post-acute sequelae of COVID-19 with a cardiovascular focus. *Eur Heart J.* 2022; 43(11): 1157–1172. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac031>
29. Motiejunaite J., Balagny P., Arnoult F. et al. Hyperventilation: A Possible Explanation for Long-Lasting Exercise Intolerance in Mild COVID-19 Survivors? *Frontiers in Physiology.* 2021; 11: 614590. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.614590>
30. Yong S.J. Persistent brainstem dysfunction in long-COVID: a hypothesis. *ACS chemical neuroscience.* 2021; 12(4): 573–580. <https://doi.org/10.1021/acscemneuro.0c00793>
31. Davis H.E., McCorkell L., Vogel J.M. et al. Long COVID: major findings, mechanisms and recommendations. *Nat Rev Microbiol.* 2023; 21(3): 133–146. <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00846-2>
32. Ардатская М.Д., Буторова Л.И., Калашникова М.А. и др. Гастроэнтерологические симптомы у пациентов с COVID-19 легкой тяжести: возможности оптимизации антидиарейной терапии. *Терапевтический архив.* 2021; 93(8): 923–931. <https://doi.org/10.26442/00403660.2021.08.201020> [Ardatskaya M.D., Butorova L.I., Kalashnikova M.A. et al. Gastroenterological symptoms in COVID-19 patients with mild severity of the disease: opportunities to optimize antiarrheal therapy. *Therapeutic Archive.* 2021; 93(8): 923–931. <https://doi.org/10.26442/00403660.2021.08.201020> (In Russ.)]
33. Meringer H., Mehandru S. Gastrointestinal post-acute COVID-19 syndrome. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2022; 19(6): 345–346. <https://doi.org/10.1038/s41575-022-00611-z>
34. Fedorowski A., Ricci F., Hamrefors V. et al. Orthostatic Hypotension: Management of a Complex, But Common, Medical Problem. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2022; 15(3): e010573. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.121.010573>
35. Barbic F., Heusser K., Minonzio M. et al. Effects of Prolonged Head-Down Bed Rest on Cardiac and Vascular Baroreceptor Modulation and Orthostatic Tolerance in Healthy Individuals. *Front Physiol.* 2019; 10: 1061. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01061>
36. Левин О.С., Штульман Д.Р. Неврология. Справочник практического врача. Москва: МЕДпресс-информ. 2022; 14-е изд. 896 с. [Levin O.S., Shtulman D.R. *Neurology. The Guide of a practical doctor.* Moscow: MEDpress-inform. 2022; 14th Ed. 896 p. (In Russ.)]
37. Котова О.В., Медведев В.Э., Акарачкова Е.С. и др. Ковид-19 и стресс-связанные расстройства. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски.* 2021; 121(5–2): 122–128. <https://doi.org/10.17116/jnevro2021121052122> [Kotova O.V., Medvedev V.E., Akarachkova E.S. et al. COVID-19 and stress-related disorders. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2021; 121(5–2): 122–128. <https://doi.org/10.17116/jnevro2021121052122> (In Russ.)]
38. Haloot J., Bhavaraju-Sanka R., Pillarisetti J. et al. Autonomic Dysfunction Related to Postacute SARS-CoV-2 Syndrome. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2023; 34(3): 563–572. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2023.04.003>
39. Александрова Е.А., Паршина Е.В., Бородачева И.В. и др. Динамика вегетативных, инсомнических и нейропсихологических проявлений в процессе терапии постковидного синдрома. *Медицинский Совет.* 2022; 2: 76–84. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-2-76-84> [Alexandrova E.A., Parshina E.V., Borodacheva I.V. et al. Dynamics of vegetative, insomnia and neuropsychological manifestations during the treatment of post-COVID syndrome. *Medical Council.* 2022; 2: 76–84. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-2-76-84> (In Russ.)]
40. Терешин А.Е., Кирьянова В.В., Решетник Д.А. Коррекция митохондриальной дисфункции в комплексной реабилитации пациентов, перенесших COVID-19. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2021; 121(8): 25–29. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112108125> [Tereshin A.E., Kiriyanova V.V., Reshetnik D.A. Correction of mitochondrial dysfunction in the complex rehabilitation of COVID-19. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2021; 121(8): 25–29. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112108125> (In Russ.)]
41. Кузнецова Е.Б., Салина Е.А., Кузнецов Н.С. Эффективность препарата Мексидол в коррекции постковидного синдрома у пациентов с хроническими цереброваскулярными заболеваниями. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2023; 123(5): 117–122. <https://doi.org/10.17116/jnevro2023123051117> [Kuznetsova E.B., Salina E.A., Kuznetsov N.S. Efficacy of Mexidol in the correction of postcovid

- syndrome in patients with chronic cerebrovascular diseases. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2023; 123(5): 117–122. <https://doi.org/10.17116/jnevro2023123051117> (In Russ.).]
42. Малявин А.Г., Горелов А.В., Васенина Е.Е. и др. Постинфекционная астения: современные подходы к терапии. Резолюция Экспертного совета Российского научного медицинского общества терапевтов и Национальной ассоциации специалистов по инфекционным болезням им. академика РАН В.И. Покровского. Профилактическая медицина. 2023; 26(9): 88–97. <https://doi.org/10.17116/profmed20232609188> [Malyavin A.G., Gorelov A.V., Vasenina E.E. et al. Postinfectious asthenia: modern approaches to therapy. The Russian Scientific Medical Society of Therapists and the National Association of Infectious Diseases Specialists named after academician of the RAS Pokrovsky V.I. Expert Council Resolution. Russian Journal of Preventive Medicine. 2023; 26(9): 88–97. <https://doi.org/10.17116/profmed20232609188> (In Russ.).]
 43. Хаитов Р.М. Иммуномодуляторы: мифы и реальность. Иммунология. 2020; 41(2): 101–106. <https://doi.org/10.33029/0206-4952-2020-41-2-101-106> [Khaitov R.M. Immunomodulators: myths and reality. Immunologiya. 2020; 41(2): 101–106. <https://doi.org/10.33029/0206-4952-2020-41-2-101-106> (In Russ.).]
 44. КонсультантПлюс. Временные методические рекомендации. Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 3 (01.11.2022). Доступно на: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358669/ (Дата обращения: 12.04.2024) [ConsultantPlus. Temporary guidelines. Medical rehabilitation for new coronavirus infection (COVID-19). Version 3 (01.11.2022). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358669/ (Accessed: 12.04.2024) (In Russ.).]
 45. Blitshteyn S., Whiteson J.H., Abramoff B. et al. Multi-disciplinary collaborative consensus guidance statement on the assessment and treatment of autonomic dysfunction in patients with post-acute sequelae of SARS-CoV-2 infection (PASC). PM&R. 2022; 14(10): 1270–1291. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12894>
 46. Петров К.В., Можейко Е.Ю., Петров А.В. и др. Респираторная реабилитация пациентов с COVID-19: текущее состояние проблемы. Доктор.Ру. 2023; 22(2): 70–75. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2023-22-2-70-75> [Petrov K.V., Mozheyko E.Yu., Petrov A.V. et al. Respiratory rehabilitation of COVID-19 patients: current state of the problem. Doctor.Ru. 2023; 22(2): 70–75. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2023-22-2-70-75> (In Russ.).]
 47. Бодрова Р.А., Кучумова Т.В., Закамырдина А.Д. и др. Эффективность низкочастотной магнитотерапии у пациентов, перенесших пневмонию, вызванную COVID-19. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020; 97(6): 11–16. <https://doi.org/10.17116/kurort20209706111> [Bodrova R.A., Kuchumova T.V., Zakamyrdina A.D. et al. Efficacy of Low-Frequency Magnetic Therapy in Patients with COVID-19 Pneumonia. Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy. 2020; 97(6): 11–16. <https://doi.org/10.17116/kurort20209706111> (In Russ.).]
 48. Кабыш С.С., Карпенкова А.Д., Прокопенко С.В. Когнитивные нарушения и COVID-19. Сибирское медицинское обозрение. 2022; (2): 40–48. <https://doi.org/10.20333/25000136-2022-2-40-48> [Kabysh S.S., Karpenkova A.D., Prokopenko S.V. Cognitive impairments and COVID-19. Siberian Medical Review. 2022; (2): 40–48. <https://doi.org/10.20333/25000136-2022-2-40-48> (In Russ.).]
 49. Kupferschmidt A., Hinterberger T., Montanari I. et al. Relevance of the post-COVID syndrome within rehabilitation (Pochoir): study protocol of a multicentre study with different specialisations. BMC Psychol. 2022; 10(1): 189. <https://doi.org/10.1186/s40359-022-00892-8>
 50. Chen H., Shi H., Liu X. et al. Effect of Pulmonary Rehabilitation for Patients with Post-COVID-19: A Systematic Review and Meta-Analysis. Front Med (Lausanne). 2022; 9: 837420. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.837420>
 51. Jimeno-Almazan A., Franco-López F., Buendía-Romero A. et al. Rehabilitation for post-COVID-19 condition through a supervised exercise intervention: A randomized controlled trial. Scand J Med Sci Sports. 2022; 32(12): 1791–1801. <https://doi.org/10.1111/sms.14240>
 52. Becker R.C. Autonomic dysfunction in SARS-COV-2 infection acute and long-term implications COVID-19 editor's page series. JThrombThrombolysis. 2021; 52(3): 692–707. <https://doi.org/10.1007/s11239-021-02549-6>
 53. Reis Carneiro D., Rocha I., Habek M. et al. Clinical presentation and management strategies of cardiovascular autonomic dysfunction following a COVID-19 infection – A systematic review. Eur J Neurol. 2023; 30(5): 1528–1539. <https://doi.org/10.1111/ene.15714>
 54. Del Rio R., Marcus N.J., Inestrosa N.C. Potential Role of Autonomic Dysfunction in Covid-19 Morbidity and Mortality. Front Physiol. 2020; 11: 561749. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.561749>
 55. Карпенко О.А., Сюняков Т.С., Кулыгина М.А. и др. Влияние пандемии COVID-19 на уровень тревоги, депрессии и дистресса: результаты онлайн-опроса в условиях пандемии в России. Consortium Psychiatricum. 2020; 1(1): 8–20. <https://doi.org/10.17650/2712-7672-2020-1-1-8-20> [Karpenko O.A., Syunyakov T.S., Kulygina M.A. et al. Impact of COVID-19 pandemic on anxiety, depression and distress – online survey results amid the pandemic in Russia. Consortium Psychiatricum. 2020; 1(1): 8–20. <https://doi.org/10.17650/2712-7672-2020-1-1-8-20> (In Russ.).]
 56. Золотовская И.А., Шацкая П.Р., Давыдкин И.Л. и др. Астенический синдром у пациентов, перенесших COVID-19. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2021; 121(4): 25–30. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112104125> [Zolotovskaya I.A., Shatskaia P.R., Davydkin I.L. et al. Post-COVID-19 asthenic syndrome. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2021; 121(4): 25–30. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112104125> (In Russ.).]
 57. Бурд С.Г., Лебедева А.В., Авакян Г.Г. и др. COVID-19-ассоциированные поражения периферической нервной системы. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2022; 122(9): 15–21. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212209115> [Burd S.G., Lebedeva A.V., Avakyan G.G. et al. COVID-19-associated damage of the peripheral nervous system. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2022; 122(9): 15–21. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212209115> (In Russ.).]

Анализ рисков информационной безопасности в центрах медицинской реабилитации: проблемы и перспективы.

Обзор

 Зайцева Т.Н.* ,  Бараксанова К.М.

Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. В статье рассмотрены основные аспекты рисков информационной безопасности в медицинских организациях, в том числе в центрах медицинской реабилитации. Коллективом авторов отмечен ряд проблем, которые могут возникать в цифровом пространстве системы здравоохранения. Прежде всего речь идет о потере персональных данных пациентов, открытии несанкционированного доступа к результатам диагностики и анализов, а также неправомерного использования информации о методах лечения и медицинской реабилитации.

ЦЕЛЬ. Определить отдельные риски информационной безопасности в пространстве цифрового здравоохранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В качестве материала исследования использовались репрезентативные базы данных по поиску научных источников PubMed, Google Scholar, CyberLeninka, eLIBRARY.RU. В качестве инструментов поиска использовались следующие слова и сочетания: information security in medicine, information security in rehabilitation, personal data protection, информационная безопасность в здравоохранении, телемедицина, искусственный интеллект (ИИ) в медицине.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Коллективом авторов выполнен обзор доступных научных источников, систематизированы и кратко представлены основные проблемы информационной безопасности, использования информационно-коммуникационных технологий и ИИ в цифровом здравоохранении, в том числе в центрах медицинской реабилитации. Проведенный анализ представленных научно-литературных данных позволяет сделать вывод о необходимости грамотной комбинация стратегий обеспечения безопасности пациентов как на уровне медицинской организации, так на региональном и федеральном уровнях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Сочетание стратегий по обеспечению безопасности пациентов зависит от особенностей оказания медицинских услуг. Формирование единой цифровой медицинской среды на национальном и затем международном уровне с разработкой стандартизированных автоматизированных рабочих мест для специалистов и соблюдением требований по защите конфиденциальности данных существенно повысит эффективность функционирования медицинских учреждений и может способствовать укреплению доверия пациентов к предоставляемым медицинским услугам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: информационная безопасность, цифровое здравоохранение, телемедицина, защита персональных данных, искусственный интеллект

Для цитирования: / For citation: Зайцева Т.Н., Бараксанова К.М. Анализ рисков информационной безопасности в центрах медицинской реабилитации: проблемы и перспективы. Обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):112–119. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-112-119> [Zaytseva T.N., Baraksanova K.M. Risk Analysis of Information Security in Medical Rehabilitation Centers: Problems and Outlook. A Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):112–119. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-112-119> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Зайцева Татьяна Николаевна, E-mail: zaytsevatn@rmapo.ru

Статья получена: 23.07.2024

Статья принята к печати: 26.09.2024

Статья опубликована: 16.02.2025

Risk Analysis of Information Security in Medical Rehabilitation Centers: Problems and Outlook. A Review

 Tatiana N. Zaytseva*,  Kristina M. Baraksanova

Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The article discusses the main aspects of information security risks in medical organizations, including medical rehabilitation centers. The team of authors noted a number of problems that may arise in the digital space of the health system. First of all the loss of personal data of patients, the unauthorized access to diagnostic, analytical results and the misuse of treatment and rehabilitation methods.

AIM. To identify particular risks to information security in the sector of digital healthcare.

MATERIALS AND METHODS. The research material included representative databases on PubMed, Google Scholar, CyberLeninka, eLIBRARY.RU. These phrases and words were used as search tools: information security in medicine, information security in rehabilitation, personal data protection, information security in health, telemedicine, and artificial intelligence in medicine.

RESULTS AND DISCUSSION. A team of authors reviewed available scientific sources, systematized and presented a concise overview of the key issues relating to the security of information, the use of information and communication technologies and artificial intelligence in digital healthcare, with particular reference to medical rehabilitation centers. The analysis of the presented scientific and literary data leads to the conclusion that a competent combination of strategies is required to ensure the safety of patients at the level of a medical institution and at the regional and federal levels.

CONCLUSION. The combination of patient safety strategies depends on the specifics of the provision of medical services. The formation of a unified digital medical environment at the national and then international level, with the development of standardized automated workplaces for specialists and compliance with data confidentiality requirements, will significantly enhance the performance of medical institutions. Additionally, it can help strengthen patient's confidence in the medical services provided.

KEYWORDS: information security, digital healthcare, telemedicine, personal data protection, artificial intelligence

For citation: Zaytseva T.N., Baraksanova K.M. Risk Analysis of Information Security in Medical Rehabilitation Centers: Problems and Outlook. A Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):112–119. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-112-119> (In Russ.).

* **For correspondence:** Tatiana N. Zaytseva, E-mail: zaytsevatn@rmapo.ru

Received: 23.07.2024

Accepted: 26.09.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Безопасность и конфиденциальность являются базовыми потребностями современного мира [1]. Построение надежной киберструктуры в диапазоне от коммерческих компаний до государственных учреждений является критически важным процессом. Использование информационных технологий позволяет значительно улучшить скорость, качество, точность и эффективность предоставляемой медицинской помощи. Информационная безопасность — это ключевой компонент для защиты имеющих ценность данных от вредоносного антропогенного воздействия [2]. При наличии уязвимостей в ИТ-периферии (ИТ — информационные технологии) такие угрозы, как несанкционированный доступ, шифрование и удаление данных, а также рассылки сообщений с подменных адресов могут являться причиной нанесения ущерба организации [3–5].

В настоящее время очень важными являются вопросы обеспечения безопасности пациентов и персонала при осуществлении медицинской деятельности [6, 7]. Оцифровывание медицинской документации позволяет проводить с ней различные автоматизированные операции. В лечебном процессе оцифрованная информация может оперативно передаваться всем сторонам, участвующим в предоставлении медицинских услуг, что в свою очередь обеспечивает получение

пациентами медицинской помощи более высокого качества при одновременном снижении затрат на администрирование этой деятельности. [8]. Большая часть клинической документации, подлежащей совместному использованию, собирается в картах пациентов. Более сложные подходы к электронным картам пациентов являются трансинституциональными или межнациональными [9].

Медицинские организации (стационары, поликлиники, диагностические центры, частные клиники, реабилитационные центры и др.) имеют особо чувствительные данные: истории болезней пациентов, содержащие персональные данные; методы профилактики и диагностики; результаты анализов и многое другое, представляющее собой медицинскую тайну [10]. Так, например, кража данных дает мошенникам возможность не только получить сведения о состоянии здоровья пациентов или манипулировать их медицинским страхованием, но и помешать процессу лечения и медицинской реабилитации. Следовательно, доступ к такой информации должен быть ограничен и строго контролироваться [11].

ЦЕЛЬ

Определить отдельные аспекты информационной безопасности в пространстве цифрового здравоохранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материала исследования использовались репрезентативные базы данных по поиску научных источников PubMed, Google Scholar, CyberLeninka, eLIBRARY.RU. В качестве инструментов поиска использовались следующие слова и сочетания: information security in medicine, information security in rehabilitation, personal data protection, информационная безопасность в здравоохранении, телемедицина, искусственный интеллект (ИИ) в медицине.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ рисков информационной безопасности, использования информационно-коммуникационных технологий и ИИ в цифровом здравоохранении может позволить определить основные проблемы и выстроить результативную стратегию обеспечения безопасности пациентов как на уровне медицинской организации, так и на региональном и федеральном уровнях.

На сегодня можно выделить наиболее значимые проблемы при обеспечении информационной безопасности в медицинской организации: недостаток собственного профессионального опыта, нехватка специалистов в сфере кибербезопасности и недостаток бюджета [12]. Все эти факторы в свою очередь могут приводить к различным утечкам данных. В 2022 г. из-за низкого уровня защиты конфиденциальной информации даркнет получил базу данных 30 млн клиентов медицинской лаборатории «Гемотест». Вследствие незаконного доступа мошенникам удалось распространить фамилии, имена, отчества, даты рождения, адреса электронных почт и номера телефонов клиентов. После данного случая Министерство цифрового развития, связей и массовых коммуникаций Российской Федерации (Минцифры России) совместно с Роскомнадзором выступило с инициативой вводить большие оборотные штрафы для организаций (за исключением государственных), допустивших утечку данных. Однако, как заявил глава Минцифры России Максут Шадаев, возможны смягчения наказаний в случае компенсации потерь пациентов. В 2023 г. был опубликован проект Федерального закона «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях»¹ Нормативный правовой акт коррелирует ответственность в отношении количества субъектов персональных данных, подвергшихся хакерской атаке. Для юридических лиц повторное нарушение может повлечь штрафы до 500 млн рублей.

Подобные случаи встречаются и в зарубежной практике. В 2020 г. хакеры получили доступ к аккаунтам 2 млн клиентов компании EyeMed Vision Care, производящей контактные линзы премиум-класса. Данный инцидент обязал итальянскую компанию выплатить \$600 000 правительству США. Число кибератак может расти по причине не только недостаточного финансирования кибербезопасности медицинский учреждений, но и утечки информации из-за невнимательного

отношения сотрудников медицинских организаций к персональным данным.

Успешное использование различных облачных репозиторий для медицинской информации позволяет решить проблему масштабирования и защиты данных [13]. Целостность сведений, передаваемых на аутсорсинг в облачные информационные системы, является критически важной, поскольку только на основе полных данных можно поставить правильный диагноз, а составление протокола публичного аудита является ключевым решением этой проблемы [14]. По данным International Business Machine, в мире ежедневно создается около 3 экзабайт новой информации, значительная часть которой связана со сферой здравоохранения. Многие страны издают регламенты, регулирующие интеграцию медицинских информационных систем и облачных хранилищ. По этой причине, например, в 2018 г. Европейский Союз создал Общий регламент по защите данных (General Data Protection Regulation). Для обеспечения защиты консолидации к медицинским хранилищам (CSSM) специалисты устанавливают фиксированные требования (протокол аудита) для передачи информации третьим лицам по криптографическому ключу.

Модель системы с облачным хранилищем включает несколько фаз:

- запрос доступа к CSSM;
- бесшовная интеграция с DO (Data outsourcing);
- интерпелляция к ТРА (Third party auditor);
- получение медицинским сотрудником запрашиваемой информации.

В данной модели используют билинейное криптографическое сопряжение и вычислительные дискретные логарифмы, которые формируют фазы настройки доступа (алгоритмы KeyGen, TagGen, HtGen) и верификации пользователя (алгоритмы Challenge, ProofGen, ProofVer). Также хеширование табличной структуры является важным звеном добавления, модификации и удаления данных с целью динамического обновления облачных функций [15, 16].

Организаторами здравоохранения, профессиональными медицинскими сообществами и юристами регулярно обсуждаются вопросы правового регулирования и обеспечения безопасности медицинской деятельности [8, 17–20]. Уже стало очевидно, что для модернизации ИТ в сфере здравоохранения необходимо создавать новые программы и нормативные правовые акты, помогающие снизить риски информационной безопасности. Так, в 2009 г. США приняли закон об информационных технологиях здравоохранения для экономики и клинического здравоохранения (The Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act), или закон о HITECH. Данный нормативной правовой акт считался главной реформой в сфере медицинских услуг за последние 20–30 лет, так как позволил Министерству здравоохранения и медицинских служб США расширить внедрение электронных медицинских карт. Обмен медицинской информацией стал более доступен, однако обязал организации использовать только сертифицированные системы для анализа клинических показателей качества и назначения лекарственных препаратов. Также учреждения должны информировать Национальных координаторов ин-

¹ Проект Федерального закона № 502104-8 «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях». Доступно на <https://sozd.duma.gov.ru/bill/502104-8> (Дата обращения: 17.06.2024)

формационной безопасности об утечках данных более 500 пациентов и учитывать требования по раскрытию информации о лечении, а также должны информировать о проводимых операциях и оплате медицинского обслуживания [21].

В 2020 г. 30 % мировых данных принадлежали индустрии здравоохранения. Медицинская информация экспоненциально увеличивается, что требует превентивных мер против киберпреступлений. Таким образом, учреждения пересматривали эффективность работы DLP-систем (Data Leak Prevention), предотвращающих утечку конфиденциальной корпоративной информации. Данные посетителей хранятся в репозиториях, называемых warehouse, где информация систематизируется для дальнейшего использования исследователями, медицинскими базами и учреждениями с целью улучшить процесс принятия решений медицинского обслуживания [22]. Также организации в сфере здравоохранения обладают статистическими и аналитическими индикаторами, которые способны предсказать изменение стоимости лекарств, возникновение эпидемий, происхождение новых препаратов и демографические тенденции.

Согласно прогнозам ВОЗ, к 2030 г. ожидается расширение и интеграция мер реабилитации в системы медицинского обслуживания. Особое внимание будет уделено комплексной терапии нарушений сердечно-сосудистой системы, а также реабилитации пациентов с поражениями спинного и головного мозга [23, 24]. При внедрении новых программ медицинской реабилитации будут широко применяться современные информационные технологии. Это означает, что в процессе восстановления (компенсации) нарушенных или утраченных функций организма активно будут задействованы различные цифровые решения и инструменты. Использование ИТ-технологий позволит сделать реабилитационные программы более эффективными и удобными как для специалистов, так и для самих пациентов. Например, в Австралии на базе Центра Джонса Хопкинса была создана лаборатория HabiТес — место нетворкинга для медицинских специалистов, разработчиков, исследователей и инвесторов, которые занимаются созданием и тестированием инструментов для реабилитации людей с различными нарушениями здоровья. Лаборатория HabiТес является инициативным объединением Университета Гриффита, корпорации Майкрософт и некоторых негосударственных организаций, поддерживающих сферу здравоохранения. Так, медицинские сотрудники используют технологию PEO (Person Environment Occupation), позволяющую сначала изучить общее нервно-мышечное состояние пациента, а затем назначать лечение на основе личностно-ориентированного подхода [25].

Появление современных способов оказания медицинской помощи и внедрение более совершенных технологий не только поднимает планку стандартов безопасности, но и может создавать новые риски. Роботы для медицинской реабилитации открывают уникальные возможности для сферы здравоохранения [26].

В настоящее время кибербезопасность становится все более важным аспектом для изучения внедрения и использования роботизированной медицинской техники с точки зрения как безопасности пациентов, так

и доступности, целостности и конфиденциальности их данных [27]. В основном медицинские роботы, используемые в процессе медицинской реабилитации, являются примерами взаимосвязанных медицинских устройств: им нужна линия связи для обмена и записи данных, для обновления и/или других функций. Их активно применяют в процессах психологической и когнитивной реабилитации пациентов с коммуникативными нарушениями. Таким образом, программное обеспечение роботизированной медицинской техники взаимодействует не только с персональными данными, но и с данными о состоянии здоровья пациента, а также собирает сведения об этапах его лечения и процессе медицинской реабилитации. Поэтому использование мошенниками данных, полученных от медицинских роботов, может иметь значительные негативные последствия для физического и психологического здоровья пациента.

Телемедицинские устройства обладают огромным потенциалом для телемониторинга и телереабилитации пациентов, страдающих хроническими инвалидизирующими заболеваниями. В частности, системы ИИ теперь могут обеспечить очень полезную поддержку в управлении и принятии решений во многих клинических областях [28, 29]. ИИ в сочетании с цифровизацией также может позволить осуществлять удаленный мониторинг состояния здоровья пациентов. Однако поводом для беспокойства является защита конфиденциальности и безопасности [30]. В этом контексте существует единогласное мнение, что внедрение ИИ должно сопровождаться тщательной проработкой вопроса со стороны законодательства, чтобы действительно гарантировать защиту прав граждан и пациентов. Например, стоит вопрос о согласии на обработку персональных данных о состоянии здоровья системами ИИ [31].

Развитие машинного обучения является стремительным процессом, обеспечивающим полезное применение и результат улучшения здоровья значимого процента населения. Однако ИИ может стать потенциальной детерминантой возникновения рисков в социальной, политической, экономической и медицинской сферах. Данная технология может оказывать пагубное влияние через манипулятивные процессы, имитацию голоса (система deep fake), регулирование автономным химическим оружием и воздействие на работу персонала. Необходимость эффективного регулирования и предотвращение возможного урона человечеству катализировало принятие «Регламента Европейского союза об искусственном интеллекте» 13 марта 2024 г. (регулирует все отрасли, кроме военной) [32]. В медицинской сфере данный нормативный правовой акт нацелен на исключение рисков информационной безопасности, приводящих к физическому или психологическому ущербу, а также неизбирательному использованию биометрической базы данных. Согласно регламенту системы ИИ, использующиеся в сфере медицинского обслуживания, маркируются как системы с высокой степенью риска и обязуются проходить специальную проверку соответствия поставщиком перед выпуском на рынок. Особо важное программное обеспечение для медицинского оборудования будет рассматриваться организацией, назна-

ченной национальным правительством страны-члена Европейского Союза в соответствии с зафиксированными требованиями в «Положении о медицинских устройствах».

Машинное обучение имеет потенциал революционизировать работу врачей, увеличивая точность диагнозов, разрабатывая новые лекарства и обеспечивая медицинскую помощь большему количеству людей. Положительное влияние, оказываемое за счет быстрого перевода ИИ семантики разговора специалистов, отразится на глобальном профессиональном сотрудничестве. Инструменты поддержки принятия решений, распознавание изображений клинических снимков, анализ больших данных могут уменьшить риск развития болезней. Не смотря на явные преимущества, известен случай пагубного влияния ИИ. Так пульсометр, управляемый программой машинного обучения, завысил уровень кислорода в крови у пациентов с более темным цветом кожи, что привело к назначению мер, недостаточных для лечения гипоксии. В добавление к выше-обозначенному система распознавания лиц с большей вероятностью ошибочно определяет пол людей с более темной кожей [33].

В 2022 г. иранские исследователи из Департамента технологий здравоохранения и Мешхедского университета медицинских наук провели сравнительный анализ реабилитационных информационных систем в 8 странах: Канаде, США, Великобритании, Швеции, Австралии, Малайзии, России и Иране [34]. Исследователи сравнивали написанный код, используемые базы данных и категории реестров. Было выявлено, что реабилитационные системы Канады и США охватывают пациентов всех возрастов и собирают данные по всему миру. Австралия имеет национальный клинический реестр [35]. Швеция и Иран фокусируются на амбулаторной реабилитации взрослых, чтобы сохранить трудоспособность населения. Малайзия развивает технологии преимущественно для новорожденных (скрининг, вакцинация) с целью снижения младенческой смертности. Каждый год в этой стране умирает большое количество людей от инфекционных и хронических заболеваний, несмотря на крупный бюджет, выделяемый государством (22 млрд ринггитов в год). Главной целью Министерства здравоохранения Малайской Федерации является укрепление внешнеполитических связей с целью обмена профессиональным опытом и данными, которые помогут усовершенствовать цифровую отрасль и сделать медицинские услуги более доступными. Великобритания успешно внедряет медицинские сервисы, уделяя равное внимание лечению и реабилитации. Достижению высоких результатов способствует ежегодная миграция высококвалифицированных специалистов, увеличение спонсорских групп и многолетние исследования (в 1930 г. в Англии впервые была создана организация Medical Disability Society). Российская Федерация только создает траекторию запуска для информационных реабилитационных систем, и для ее развития необходима государственная поддержка медицинских работников, а также организация междисциплинарных коалиций [36]. Данный анализ может быть полезен для совершенствования реабилитационных практик и информационных систем в разных странах.

Глобально 1/3 пациентов после периода болезней или во время получения травм нуждается в предоставлении услуг реабилитационного сектора. Одной из наилучших мер доказать необходимость процесса реабилитационного лечения является фактическая регистрация данных, что сделает возможным определение всестороннего отношения причинности заболеваний и регионов. Соответственно, необходимо создание и развитие технологичных продуктов для интерпретации и анализа лучшего лечения. Однако не все страны могут себе позволить проектирование единой информационной системы анализа данных реадaptации и ее интеграцию с остальными прикладными системами в сфере здравоохранения [37]. Более 30 лет назад некоммерческой компанией UDSMR (Uniform Data System for Medical Rehabilitation) в Нью-Йорке были созданы аффилированные с университетом Буффало информационные продукты.

Наиболее популярным сервисом является The UDS-PRO System, инкорпорирующая медицинские и управленческие требования, обеспечивающая доступ к самой большой базе данных (более 13 млн пациентов) в медицинской сфере, охватывающая свыше 1400 стационарных реабилитационных учреждений по всему миру, около 900 которых находится в США [38]. В функционал The UDS-PRO System входят модуль предварительной регистрации персональных данных пациентов (имя, возраст, раса, гражданство, диагноз, программа лечения), содержащий необходимые элементы для Руководства по политике предоставления льгот программы Medicare, динамический экспорт, клинические исследования и информация о поставщиках оборудования (стандарт кодировочной системы — Uniform Data System Impairment Codes). Дата-инженеры и разработчики гарантируют нулевые риски взлома программного продукта, так как серверы находятся в здании, охраняемом правительством.

Канадская система NRS использует государственный стандарт программирования ICD10-CA и собирает информацию о лицах, нуждающихся в реадaptационных процессах из 9 провинций [39]. Защита персональных данных обусловлена законом о защите личной медицинской информации (2004) и технологий, утвержденным Международным сертификатом безопасности (ISO 27001) [40].

Великобритания и Швеция, страны-представители континентальной Европы, в качестве главных информационных сервисов используют UKROC и WebRehab со стандартизациями ICD 10 codes и ICF соответственно. Отличительной особенностью европейских стран от Северной Америки является сбор сведений об удовлетворенности стилем жизни, а также фиксация корреляции процесса выздоровления с рабочими и семейными условиями [41, 42]. Изначально WebRehab работала с данными пациентов, нуждающихся в восстановлении головного и спинного мозга, а UKROC анализировала неврологическую реадaptацию. Однако Великобритании, благодаря крупному финансированию, удалось построить лучшую в континентальной Европе программу реабилитации, где каждый год индекс Байреля увеличивается в 2 раза [43].

В 2022 г. Иранская информационная система Payment находилась в стадии развития, но в базах данных об-

следованных уже хранились ID-карты (ID — идентификатор), информация о финансовом благополучии, занятости и фиксация человека, удовлетворяющего роль «главы семейства». В период проведения исследования Малайзия не обладала достаточным финансовым, технологическим и кадровым ресурсом для создания информационной среды с целью улучшения медицинской реабилитации.

До настоящего времени в России не разрабатывалось программного обеспечения для анализа и прогнозирования процесса реабилитации на федеральном уровне. Акцент системы здравоохранения делается на лечение тяжелых нарушений в области сердечно-сосудистой хирургии, а также нарушений работы спинного и головного мозга, что не создает высокого спроса на создание единых глобальных сервисов в сфере реабилитации. Однако тенденция совершенствования узкоспециализированных программ, телемедицины и робототехники активно развивается. Результаты комплексного исследования реабилитационных информационных систем демонстрируют, что первенство в отношении создания технологической периферии сферы здравоохранения принадлежит Америке, Канаде и Великобритании [44].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в нашей стране происходит активный переход к цифровой медицине, что позволяет поддерживать здоровье населения на новом качественном уровне. При этом мы находимся в ситуации, когда регулирование и надзор рискуют отставать от технологий, которыми они управляют. Регулирование должно поощрять более сложные методы анонимизации и защиты данных. Комбинация стратегий обеспечения безопасности пациентов зависит от специфики предоставления медицинских услуг. Руководители медицинских организаций могут разрабатывать и внедрять собственные внутренние правила, инструкции

и процедуры, направленные на соблюдение государственных стандартов и норм, обеспечивающих безопасность предоставляемой медицинской помощи. Контроль за обеспечением информационной безопасности данных пациентов и персонала должен происходить как внутри медицинской организации, так и со стороны региональных и федеральных контрольно-надзорных органов. Также медицинские учреждения должны своевременно информировать регулирующие органы обо всех случаях утечки персональных данных пациентов, включая сведения о проведенном лечении, операциях и оплате медицинских услуг.

Использование роботизированной техники, телемедицинских технологий и ИИ в медицинской реабилитации может представлять потенциальные риски для информационной безопасности. Этот аспект требует особого внимания и тщательной проработки для обеспечения надежной защиты данных пациентов и систем. Изучение опыта других стран в сфере обеспечения кибербезопасности может стать ценным источником для развития этого направления в нашей стране. Это позволит избежать ошибок, допущенных зарубежными коллегами, и внедрить у себя их наиболее эффективные практики.

Применение облачных хранилищ для медицинской информации позволяет решить проблемы масштабирования и защиты данных. Для обеспечения безопасности доступа к медицинским базам данных необходимо устанавливать четкие требования к передаче информации третьим лицам, включая использование криптографических ключей. Создание единой национальной, а затем и международной, цифровой медицинской среды с разработкой стандартизированных автоматизированных рабочих мест для специалистов, с соблюдением требований защиты конфиденциальных данных позволит значительно повысить эффективность работы медицинских учреждений и может способствовать росту доверия пациентов к медицинской деятельности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Зайцева Татьяна Николаевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации, заведующий отделом координации научной деятельности, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России.

E-mail: zaytsevatn@rmapo.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7123-1568>

Бараксанова Кристина Михайловна, аналитик отдела поддержки и развития информационных систем, Управление информационных технологий, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6749-4779>

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: Зайцева Т.Н. — научное обоснование, анализ данных, проверка и редак-

тирование рукописи; Бараксанова К.М. — обеспечение материалов для исследования, написание черновика рукописи. Все авторы утвердили окончательный вариант статьи, несут ответственность за целостность всех частей статьи.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования. Исследование проведено на личные средства авторского коллектива.

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

Благодарность. Авторы выражают признательность за ценные советы при планировании исследования и рекомендации по оформлению статьи доктору медицинских наук, профессору, заведующему кафедрой физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России Герасименко М.Ю.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Tatiana N. Zaytseva, Ph.D. (Med.), Associate Professor at the Department of Physiotherapy, Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Head of the Department for the Coordination of Scientific Activities, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.

E-mail: zaytsevatn@mapo.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7123-1568>

Kristina M. Baraksanova, Analyst, Department for Support and Development of Information Systems, Information Technology Directorate, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6749-4779>

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: Zaytseva T.N. —

conceptualization, formal analysis, writing review and editing; Baraksanova K.M. — resources, writing original draft. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Funding. This study was not supported by any external funding sources. The study was conducted with personal funds from the author's team.

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

Acknowledgments. The authors express their gratitude for valuable advice in the planning of the study and recommendations on the design of the article to M.Y. Gerasimenko, D.Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Physical Therapy, Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.

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. Брумштейн Ю.М., Захаров Д.А., Акишкин В.Г. Риски информационной безопасности медучреждений, их специалистов и пациентов. Информационная безопасность регионов. 2013; 1(12): 13–21. [Brumshtein Yu.M., Zakharov D.A., Akishkin V.G. Research into information security of medical institutions, their specialists and patients. Information security of regions. 2013; 1(12): 13–21 (In Russ.)]
2. Charles P. Pfleeger, Shari Lawrence Pfleeger. Analyzing Computer Security; A Threat/Vulnerability/ Countermeasure Approach. Pearson Education International; Upper Saddle River, N.J. 2012; 795 p.
3. Банк данных угроз безопасности информации. Доступно на: <https://bdu.fstec.ru/threat> (Дата обращения: 17.06.2024). [Data bank of information security threats. Available at: <https://bdu.fstec.ru/threat> (Accessed: 17.06.2024) (In Russ.)]
4. INFOWATCH. Аналитика отрасли информационной безопасности. Доступно на: <https://www.infowatch.ru/analytics/analitika?page=2> (Дата обращения: 03.06.2024). [INFOWATCH. Information security industry analytics. Available at: <https://www.infowatch.ru/analytics/analitika?page=2> (Accessed: 03.06.2024) (In Russ.)]
5. Datasets. Centre for Health Record Linkage. CHeReL Master Linkage Key. Available at: <https://www.cherel.org.au/datasets> (Accessed: 31.05.2024).
6. Демаков В.И., Рерке В.И., Портная Я.А. и др. Об обеспечении информационной безопасности в сфере медицины и актуальности ее изучения в ведомственных вузах. Человеческий капитал. 2021; 4(148): 83–89. <https://doi.org/10.25629/HC.2021.04.07> [Demakov V.I., Rerke V.I., Portnaya Y.A. et al. On ensuring information security in the field of medicine and the relevance of its study in departmental universities. Human capital. 2021; 4(148): 83–89. <https://doi.org/10.25629/HC.2021.04.07> (In Russ.)]
7. Sivarajkumar S., Gao F., Denny P. et al. Mining Clinical Notes for Physical Rehabilitation Exercise Information: Natural Language Processing Algorithm Development and Validation Study. JMIR Med Inform. 2024;12: e52289. <https://doi.org/10.2196/52289>
8. Сахаров Д.В., Пешков А.И. Нормативно-правовые проблемы безопасности территориально распределенных информационных систем в офтальмологии. Офтальмохирургия. 2022; S4: 132–137. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2022-4S-132-137> [Sakharov D.V., Peshkov A.I. Regulatory and legal problems of security of geographically distributed information systems in ophthalmology. Ophthalmosurgery. 2022; S4: 132–137. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2022-4S-132-137> (In Russ.)]
9. Knaup P., Benning N.H., Seitz M.W. et al. eHealth and Clinical Documentation Systems. Stud Health Technol Inform. 2020; 274: 174–188. <https://doi.org/10.3233/SHTI200676>
10. Carter A.B., Abruzzo L.V., Hirschhorn J.W. et al. Electronic Health Records and Genomics: Perspectives from the Association for Molecular Pathology Electronic Health Record (EHR) Interoperability for Clinical Genomics Data Working Group. J Mol Diagn. 2022; 24(1): 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jmoldx.2021.09.009>
11. Olorunsogo T.O., Ogugua J.O., Muonde M. et al. Environmental factors in public health: A review of global challenges and solutions. World Journal of Advanced Research and Reviews.2024; 21(1): 1453–1466. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0176>
12. Варзин С.А., Матвеев В.В. Обеспечение информационной безопасности в системе здравоохранения. Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2023; 3(43): 19–56. <https://doi.org/10.37468/2307-1400-2024-2023-3-19-56> [Varzin S.A., Matveev V.V. Ensuring information security in the healthcare system. National security and strategic planning. 2023; 3(43): 19–56. <https://doi.org/10.37468/2307-1400-2024-2023-3-19-56> (In Russ.)]
13. Africa Blog. An important next step on our AI journey. (Accessed: 17.06.2024). Available at: <https://blog.google/intl/en-africa/products/explore-get-answers/an-important-next-step-on-our-ai-journey/>
14. Majcherek D., Hegerty S.W., Kowalski A.M. et al. Opportunities for healthcare digitalization in Europe: Comparative analysis of inequalities in access to medical services. Health Policy. 2024; 139: 104950. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2023.104950>
15. Li X., Liu S., Lu R. et al. An Efficient Privacy-Preserving Public Auditing Protocol for Cloud-Based Medical Storage System. IEEE J Biomed Health Inform. 2022; 26(5): 2020–2031. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2022.3140831>
16. Huang K., Zhang X.-s., Mu Y. et al. Bidirectional and Malleable Proof-of-Ownership for Large File in Cloud Storage. In IEEE Transactions on Cloud Computing. 2022; 4(10): 2351–2365. <https://doi.org/10.1109/TCC.2021.3054751>
17. Орлова В.В. Оптимизация взаимодействия с пациентами медицинского учреждения на основе развития интернет-коммуникаций. Социальные аспекты здоровья населения. 2014; 6(40): 9. [Orlova V.V. Optimizing interaction with patients of a medical institution based on the development of Internet communications. Social aspects of public health. 2014; 6(40): 9 (In Russ.)]

18. Журавлев М.С. Правовые аспекты информационной безопасности в телемедицине. Диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук. Москва. Высшая школа экономики. 2021; 191 [Zhuravlev M.S. Legal aspects of information security in telemedicine. Dissertation for the degree of Candidate of Legal Sciences. Moscow. HSE University. 2021; 191 (In Russ.).]
19. Марухленко А.Л., Чешин А.В., Алеева С.С. и др. Политика информационной безопасности в цифровом здравоохранении: организационно-правовые аспекты. Вопросы политологии. 2023; 12(100): 6612–6624. <https://doi.org/10.35775/PSI.2023.100.12.018> [Marukhlenko A.L., Cheshin A.V., Aleeva S.S. et al. Information security policy in digital health: organizational and legal aspects. Questions of political science. 2023; 12(100): 6612–6624. <https://doi.org/10.35775/PSI.2023.100.12.018> (In Russ.).]
20. Усенков И.А. Стабильность законодательства о телемедицине: актуальные проблемы. Право и политика. 2024; 3: 30–40. <https://doi.org/10.7256/2454-0706.2024.3.70044> [Usenkov I.A. Stability of telemedicine legislation: current issue. Law and politics. 2024; 3: 30–40. <https://doi.org/10.7256/2454-0706.2024.3.70044> (In Russ.).]
21. Cybersecurity Threats in Healthcare Organizations: Exposing Vulnerabilities in the Healthcare Information Infrastructure. Available at: <https://worldlibraries.dom.edu/index.php/worldlib/article/view/588/678> (Accessed: 31.05.2024).
22. Chidoule O., Iqbal T. System Monitoring and Data logging using PLX-DAQ for Solar-Powered Oil Well Pumping. 2023 IEEE 13th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). 8–11 March 2023. Las Vegas. 2023; 0690–0694. <https://doi.org/10.1109/CCWC57344.2023.10099099>
23. World Health Organization. Rehabilitation in health system; guide for action. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241515986> (Accessed: 31.07.2024).
24. Kleinitz P., Sabariego C., Llewellyn G. et al. Integrating rehabilitation into health systems: A comparative study of nine middle-income countries using WHO's Systematic Assessment of Rehabilitation Situation (STARS). PLoS One. 2024; 19(2): e0297109. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297109>
25. Kendall E., Oh S., Amsters, D. et al. HabITec: A Sociotechnical Space for Promoting the Application of Technology to Rehabilitation. Societies. 2019; 9(4): 74. <https://doi.org/10.3390/soc9040074>
26. Martineau T., Ozano K., Raven J. et al. Improving health workforce governance: the role of multi-stakeholder coordination mechanisms and human resources for health units in ministries of health. Hum Resour Health. 2022; 20(1): 47. <https://doi.org/10.1186/s12960-022-00742-z>
27. Monoscalco L., Simeoni R., Maccioni G. et al. Information Security in Medical Robotics: A Survey on the Level of Training, Awareness and Use of the Physiotherapist. Healthcare (Basel). 2022; 10(1): 159. <https://doi.org/10.3390/healthcare10010159>
28. Cingolani M., Scendoni R., Fedeli P. et al. Artificial intelligence and digital medicine for integrated home care services in Italy: Opportunities and limits. Front Public Health. 2023; 10: 1095001. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1095001>
29. Jleli M., Samet B., Dutta A.K. Artificial Intelligence-driven Remote Monitoring Model for Physical Rehabilitation. Journal of Disability Research. 2024; 3(1). <https://doi.org/10.57197/JDR-2023-0065>
30. Прончев Г.Б. О проблемах информационной безопасности использования информационно-коммуникационных технологий и искусственного интеллекта в цифровом здравоохранении. Социально-гуманитарные знания. 2022; 2: 100–107. <https://doi.org/10.34823/SGZ.2022.2.51777> [Pronchev G.B. On the problems of information security in the use of information and communication technologies and artificial intelligence in digital health. Social and humanitarian knowledge. 2022; 2: 100–107. <https://doi.org/10.34823/SGZ.2022.2.51777> (In Russ.).]
31. Murdoch B. Privacy and artificial intelligence: challenges for protecting health information in a new era. BMC Med Ethics. 2021; 22(1): 122. <https://doi.org/10.1186/s12910-021-00687-3>
32. European Parliament. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/portal/en> (Accessed: 14.06.2024).
33. Federspiel F., Mitchell R., Asokan A. et al. Threats by artificial intelligence to human health and human existence. BMJ Global Health. 2023; 8(5): e010435. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2022-010435>
34. Agboola S.O., Bates D.W., Kvedar J.C. Digital Health and Patient Safety. JAMA. 2016; 315(16): 1697–1698. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.2402>
35. GitHub. CBDRH Health Data Science Datathon 2023. Available at: <https://cbdrh-hds-datathon-2023.github.io/> (Accessed: 14.06.2024).
36. Musselman K.E., Shah M., Zariffa, J. Rehabilitation technologies and interventions for individuals with spinal cord injury: Translational potential of current trends. J. Neuroeng. Rehabil. 2018; 15: 40. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0386-7>
37. Boot F.H., Owuor J., Dinsmore J. et al. Access to assistive technology for people with intellectual disabilities: a systematic review to identify barriers and facilitators. J. Intell. Disabil. Res. 2018; 62(10): 900–921. <https://doi.org/10.1111/jir.12532>
38. Uniform Data System. Available at: <https://www.udsmr.org/products/inpatient-rehab> (Accessed: 14.06.2024).
39. Canadian Institute for Health Information. (Accessed: 14.06.2024). Available at: <https://www.canada.ca/en/institutes-health-research/search.html?cdn=irscchir&st=s&num=10&langs=eng&st1rt=0&s5bm3ts21rch=x&q=NRS#wb-land>
40. Government of Canada. Public release of clinical information: guidance document. (Accessed: 14.06.2024). Available at: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drug-health-product-review-approval/profile-public-release-clinical-information-guidance/document.html>
41. Brouns B., Meesters J.J.L., Wentink M.M. et al. Why the uptake of eRehabilitation programs in stroke care is so difficult—a focus group study in the Netherlands. Implement Sci. 2018; 13(1): 133. <https://doi.org/10.1186/s13012-018-0827-5>
42. Svenskt Register for Rehabiliteringsmedicin. Available at: <https://svereh.registercentrum.se/> (Accessed: 13.06.2024).
43. UK ROC. UK Rehabilitation Outcomes Collaborative. Available at: <https://www.ukroc.org/> (Accessed: 14.06.2024).
44. Mousavi Baigi S.F., Sarbaz M., Sobhani-Rad D. et al. Comparative Study of Rehabilitation Information Systems in 8 Countries: A Literature Review. Iranian Rehabilitation Journal. 2022; 20(4): 1–16. <http://dx.doi.org/10.32598/irj.21.1.1766.1>

Влияние реабилитации на уровень дистресса при хирургическом лечении рака шейки матки: сравнительное рандомизированное исследование

Блинов Д.В.^{1,2,3,*}, Солопова А.Г.⁴, Гамеева Е.В.²,
Галкин В.Н.⁵, Иванов А.Е.⁵, Акавова С.А.⁵, Гридасова О.С.⁶

¹ Институт превентивной и социальной медицины, Москва, Россия

² Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации и курортологии ФМБА России, Москва, Россия

³ Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Гааза, Москва, Россия

⁴ Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

⁵ Городская клиническая больница им. С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

⁶ Клиника Р.Т.Н., Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. На этапе диагностики и во время лечения рака шейки матки (РШМ) пациентки могут испытывать дистресс. Также они могут столкнуться с осложнениями хирургического вмешательства, что ухудшает их качество жизни и диктует необходимость реабилитации.

ЦЕЛЬ. Изучить влияние программ реабилитации на уровень дистресса при хирургическом лечении рака шейки матки (РШМ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В рандомизированное исследование вошли взрослые пациентки с РШМ 1А–1В стадии, получающие хирургическое лечение. Группе получающих комплексную активную реабилитацию (РШМ-1) назначались психотерапевтическая поддержка, изменение образа жизни и другие восстановительные мероприятия в течение 1 года. Группа пассивной реабилитации получала вмешательство согласно действующим клиническим рекомендациям. Оценка дистресса производилась при помощи модифицированной Шкалы самооценки дистресса Международного общества психосоциальной онкологии (International Psycho-Oncology Society — IPOS) в течение 3 лет после хирургического вмешательства.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. До хирургического вмешательства все пациентки с РШМ имели балльную оценку по IPOS в диапазоне 6 баллов и выше ($6,9 \pm 0,9$ для группы РШМ-1 и $6,9 \pm 0,8$ баллов для группы РШМ-2), что свидетельствует о значительном уровне дистресса перед хирургическим вмешательством. На всех сроках наблюдения балльная оценка в группах РШМ-1 и РШМ-2 была статистически значимо ниже, чем на исходном визите ($p < 0,05$). Начиная с 1-го месяца, оценка по IPOS в группе РШМ-1 была значимо ниже, чем в РШМ-2: $4,8 \pm 1,5$ баллов в группе РШМ-1 и $5,8 \pm 1,1$ баллов в группе РШМ-2 ($p < 0,05$). Различия между РШМ-1 и РШМ-2 продолжали оставаться статистически значимыми до 24 месяцев после хирургического вмешательства. На 3-м году наблюдения оценка по шкале IPOS составила $2,8 \pm 2,0$ балла для группы РШМ-1 и $3,8 \pm 1,7$ балла — для РШМ-2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Более быстрое и выраженное снижение балльной оценки по IPOS в группе РШМ-1 демонстрирует эффективность программы комплексной активной реабилитации. Наиболее высокий уровень дистресса на исходном визите подчеркивает необходимость начала психотерапевтической поддержки на этапе после постановки диагноза до хирургического вмешательства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рак шейки матки, реабилитация, дистресс, психоэмоциональные расстройства

Для цитирования / For citation: Блинов Д.В., Солопова А.Г., Гамеева Е.В., Галкин В.Н., Иванов А.Е., Акавова С.А., Гридасова О.С. Влияние реабилитации на уровень дистресса при хирургическом лечении рака шейки матки: сравнительное рандомизированное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):120–127. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-120-127> [Blinov D.V., Solopova A.G., Gameeva E.V., Galkin V.N., Ivanov A.E., Akavova S.A., Gridasova O.S. Effect of the Rehabilitation on Distress Levels Among Patients Undergoing Surgical Treatment for Cervical Cancer: a Comparative Randomized Trial. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):120–127. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-120-127> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Блинов Дмитрий Владиславович, E-mail: blinov2010@googlemail.com

Статья получена: 20.12.2024
Статья принята к печати: 30.01.2025
Статья опубликована: 16.02.2025

Effect of the Rehabilitation on Distress Levels Among Patients Undergoing Surgical Treatment for Cervical Cancer: a Comparative Randomized Trial

 Dmitry V. Blinov^{1,2,3,*},  Antonina G. Solopova⁴,  Elena V. Gameeva²,
 Vsevolod N. Galkin⁵,  Alexander E. Ivanov⁵,  Saida A. Akavova⁵,  Olga S. Gridasova⁶

¹ Institute for Social and Preventive Medicine, Moscow, Russia

² Federal Scientific and Clinical Center of Medical Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

³ Moscow Haass Medical-Social Institute, Moscow, Russia

⁴ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

⁵ S.S. Yudin City Clinical Hospital, Moscow, Russia

⁶ R.T.H. Clinic, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Diagnosis and management of cervical cancer (CC) can be distressing for patients. They may also face complications from surgical treatment that compromise their quality of life and require rehabilitation.

AIM. To investigate the effect of rehabilitation programs on the level of distress in surgically treated cervical cancer (CC).

MATERIALS AND METHODS. The randomized trial included adult patients with CC stage 1A–1B undergoing surgical treatment. The group receiving comprehensive “active” rehabilitation (CC-1) received psychotherapeutic support, lifestyle changes and other rehabilitation measures for 1 year. The “passive” rehabilitation group (CC-2) received interventions according to current local clinical guidelines. Distress was assessed using the modified International Psycho-Oncology Society Distress Self-Assessment Scale (IPOS score) for 3 years after surgery.

RESULTS AND DISCUSSION. Before surgery, all patients with CC had IPOS scores in the range of 6 points or higher (6.9 ± 0.9 for the CC-1 group and 6.9 ± 0.8 for the CC-2 group), indicating a significant level of distress before surgery. At all follow-up time points, the scores in the CC-1 and CC-2 groups were statistically significantly lower than at baseline ($p < 0.05$). From month 1, the IPOS score was significantly lower in the CC-1 group than in the CC-2 group: 4.8 ± 1.5 points in the CC-1 group vs 5.8 ± 1.1 points in the CC-2 group ($p < 0.05$). The differences between CC-1 and CC-2 remained statistically significant up to 24 months after surgery. At year 3 the IPOS score was 2.8 ± 2.0 in the CC-1 group and 3.8 ± 1.7 in the CC-2 group.

CONCLUSION. The faster and more pronounced reduction of the IPOS score in the CC-1 group demonstrates the effectiveness of a comprehensive «active» rehabilitation program. The highest level of distress at baseline emphasizes the need to initiate psychotherapeutic support in the post-diagnosis phase before surgical intervention.

KEYWORDS: cervical cancer, rehabilitation, distress, psychoemotional disorders

For citation: Blinov D.V., Solopova A.G., Gameeva E.V., Galkin V.N., Ivanov A.E., Akavova S.A., Gridasova O.S. Effect of the Rehabilitation on Distress Levels Among Patients Undergoing Surgical Treatment for Cervical Cancer: a Comparative Randomized Trial. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):120–127. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-120-127> (In Russ.).]

* **For correspondence:** Dmitry V. Blinov, E-mail: blinov2010@gmail.com

Received: 20.12.2024

Accepted: 30.01.2025

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Рак шейки матки (РШМ) является серьезной глобальной проблемой здравоохранения, особенно в развивающихся странах, на которые относится около 85 % случаев заболеваемости. РШМ занимает четвертое место среди наиболее распространенных видов рака у женщин: ежегодно регистрируется свыше 528 000 новых случаев заболевания и 266 000 смертей [1].

Основным этиологическим фактором является вирус папилломы человека (ВПЧ), в частности типы высокого риска, такие как ВПЧ 16 и 18, которые являются причиной более 90 % случаев РШМ. Распространенность ВПЧ значительно выше среди женщин в возрасте до 35 лет, при этом снижение наблюдается в старших возрастных группах. Несмотря на установленную связь между ВПЧ и РШМ, не только ВПЧ может привести к развитию РШМ, что подчеркивает важность понимания многофактор-

ной природы этого заболевания. Так, на развитие РШМ влияют различные дополнительные факторы риска, включая социально-демографические факторы и образ жизни, в частности высокий паритет, употребление табака, ранняя половая активность и длительное применение оральных контрацептивов, наличие инфекций, передаваемых половым путем, препятствующих элиминации ВПЧ и приводящих к развитию неоплазии шейки матки (*Chlamydia trachomatis* и *Trichomonas vaginalis*), генетические факторы, такие как варианты геномных локусов 2q14 (PAX8), 17q12 (GSDMB) и 5p15.33 (CLPTM1L) [2–6].

На долю плоскоклеточной карциномы приходится около 75 % случаев РШМ, а аденокарцинома занимает второе место по распространенности [7, 8]. При этом ВПЧ типов 16, 18, 45, 33 и 31 преимущественно связан с плоскоклеточной карциномой, в то время как ВПЧ

типов 16, 18 и 45 — с аденокарциномой, характеризующейся худшим прогнозом [9, 10].

Профилактика с помощью вакцинации против ВПЧ и регулярного скрининга по-прежнему играет решающую роль в снижении заболеваемости РШМ [11]. Однако, если РШМ уже имеет место, лечение в основном включает хирургическое вмешательство и химиолучевые методы терапии. При ранних стадиях РШМ (I и IIА стадии) основным хирургическим методом является радикальная гистерэктомия с лимфаденэктомией. При стадиях IIB–IVА обычно применяют лучевую терапию, химиотерапию и брахитерапию. Новые методы лечения сосредоточены на таргетной терапии и иммунотерапии для контроля рецидивов или преодоления химиорезистентности [12, 13]. Очевидно, что данные методы лечения диктуют необходимость применения реабилитационных программ, поскольку пациентка имеет дистресс, тревогу, депрессию и негативный психоэмоциональный фон, обусловленные диагнозом РШМ, а также возникают осложнения проводящейся терапии, включая лимфедему, постовариэктомический синдром (ПОЭС) и расстройство сексуальной функции, что снижает ее общее качество жизни [13–15].

ЦЕЛЬ

Изучить влияние программ реабилитации на уровень дистресса при хирургическом лечении РШМ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Критерии отбора

В исследование вошли пациентки с РШМ 1А–1В стадии с сочетанной патологией, которых распределяли в группы сравнения. Исключались из исследования пациентки с другими онкологическими заболеваниями, рецидивом или указаниями на наследственную предрасположенность к злокачественным новообразованиям репродуктивной системы, психическими и когнитивными расстройствами, проходящие химиолучевую терапию, беременные, кормящие матери, отказавшиеся от участия.

В исследование включались женщины в возрасте 18 лет и старше, у которых был диагностирован РШМ стадии 1А–1В в сочетании с акушерско-гинекологической патологией, требующий радикального хирургического вмешательства. Пациенток с подтвержденным диагнозом РШМ просили подписать информированное согласие на участие в исследовании.

Дизайн исследования

Подписавшие согласие были разделены в группы сравнения РШМ-1 (51 пациентка) и РШМ-2 (52 пациентки). Женщинам из группы РШМ-1 на индивидуальной основе назначалась комплексная активная реабилитация. Непосредственно после диагностирования РШМ и включения в исследование проводились консультирование и мероприятия по изменению образа жизни, оказывались информационная поддержка и психотерапевтическая помощь. Также выполнялась коррекция микробиоценоза влагалища; назначались упражнения для улучшения состояния мускулатуры тазового дна (упражнения Кегеля) и дыхательные упражнения. Кроме этого, при необходимости проводили восполнение дефицита витаминов, микро- и макронутриентов. Че-

рез месяц после хирургического вмешательства реабилитационная программа дополнялась мерами для восстановления сексуальной функции, включающими консультацию сексолога, применение эстриолсодержащих средств и лубрикантов. Через 3 месяца программа дополнялась фито- и физиотерапией, а через шесть месяцев после хирургического вмешательства — воздействиями планетарно-климатических факторов в рамках 3-го этапа реабилитации. Общая продолжительность программы реабилитации в группе РШМ-1 была не менее одного года, в последующем потребность в продолжении и/или коррекции восстановительных мероприятий оценивалась на индивидуальной основе. Женщинам из группы РШМ-2 назначалась пассивная реабилитация, то есть рекомендовались общие меры, перечисленные в действующих на момент набора в исследование клинических рекомендациях [16].

Оценку уровня дистресса производили исходно (после постановки диагноза у пациенток из групп РШМ-1 и РШМ-2) и далее на 1-й неделе, 1, 3, 6, 12, 24 и 36-м месяцах после хирургического вмешательства. В качестве простых и доступных инструментов динамического мониторинга проявлений ПОЭС, сексуальной дисфункции, психоэмоциональных расстройств, негативно влияющих на качество жизни пациентов с онкогинекологическими заболеваниями, широко применяются тесты и опросники [17]. Используемая в исследовании Шкала самооценки дистресса Международного общества психосоциальной онкологии (International Psycho-Oncology Society — IPOS) — простой и быстрый инструмент, предназначенный для оценки общего дистресса, испытываемого больными раком. IPOS представлена в виде визуальной аналоговой шкалы. Пациенты оценивают уровень своего дистресса по шкале от 0 до 8, где 0 означает минимальный, а 8 — максимальный уровень оценки. Показатель 0 может свидетельствовать о латентной (скрытой) депрессии или вытеснении негативных переживаний в связи с онкологическим заболеванием. Показатели от 1 до 6 баллов признаются нормативными в ситуации лечения и реабилитации больных с онкологическими заболеваниями. На уровень сильного и сверхсильного эмоционального напряжения указывают 6 баллов и выше. Шкала IPOS применялась в модификации Беляева А.М. и соавт. [18]. Термин «дистресс» (чрезмерный стресс, вызывающий дезадаптацию с последующим развитием заболеваний) в Российской Федерации применяется преимущественно специалистами, и не всеми пациентами может быть правильно понят [19, 20], поэтому в модифицированной методике IPOS термин «дистресс» заменен термином «переживание» (рис. 1).

Методы статистического анализа

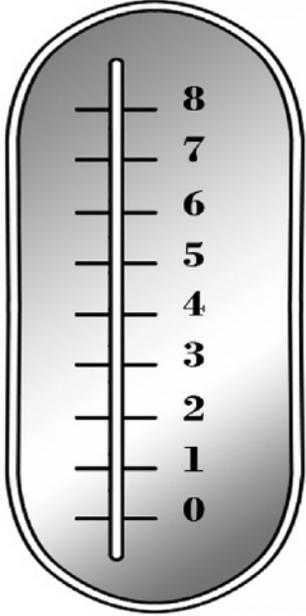
Для систематизации полученных данных и проведения статистического анализа использовали Microsoft Excel (Microsoft, США) и статистический пакет Stata 14 (StataCorp LLC, США). Для проверки нормальности распределения полученных данных при использовании количественных переменных применяли тест Шапиро — Уилка. Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывали с помощью средних арифметических величин (M), стандартных отклонений (SD), не имеющие нормального распределения — с помощью медианы, первого и третьего квартилей [Q_{25} ; Q_{75}].

Уважаемый ПАЦИЕНТ!

Пожалуйста, заполните эту карточку и отдайте врачу

Фамилия _____ Имя _____ Отчество _____

Возраст _____



На данной шкале отметьте уровень Ваших переживаний, связанных с болезнью, лечением и изменениями в жизни в связи с ними:

«0» – переживаний нет
«8» – очень сильно переживаю

Нужна ли Вам помощь психолога в стационаре?

ДА НЕТ

Рис. 1. Бланк шкалы самооценки дистресса International Psycho-Oncology Society
Fig. 1. International Psycho-Oncology Society Distress Self-Assessment Scale form

В случае нормального распределения для статистического анализа применяли параметрические тесты: дисперсионный анализ, *t*-тест, парный *t*-тест. Достоверность различий расценивалась как значимая при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общие сведения о пациентках

В группе РШМ-1 средний возраст пациенток составил $47,8 \pm 7,3$ лет, медиана — 49 [43; 51] лет. В группе РШМ-2 средний возраст составил $48,3 \pm 6,3$ года, медиана — 48,5 [44; 51] лет. Различия между группами в возрасте не носили статистически значимый характер. Семейный статус, количество детей, доля курящих, профили образования и коморбидных заболеваний также были сопоставимыми.

Уровень дистресса

Сравнение уровня дистресса у получавших хирургическое лечение по поводу РШМ женщин с активной (группа РШМ-1) и пассивной (группа РШМ-2) реабилитацией показало следующие результаты (табл. 1).

До хирургического вмешательства все пациентки с РШМ имели оценку уровня дистресса по IPOS в диапазоне 6 баллов и выше, в частности $6,9 \pm 0,9$ баллов для группы РШМ-1 и $6,9 \pm 0,8$ баллов для группы РШМ-2, что свидетельствует о значительном уровне дистресса (наличие сильного и сверхсильного эмоционального напряжения) перед хирургическим вмешательством. После хирургического вмешательства в обеих группах средняя балльная оценка по шкале IPOS значительно снизилась и вошла в диапазон установленных норма-

Таблица 1. Уровень дистресса по шкале International Psycho-Oncology Society, баллы (M ± SD)

Table 1. Level of distress according to International Psycho-Oncology Society scale, scores (M ± SD)

Визиты / Visits	РШМ-1 / СС-1	РШМ-2 / СС-2
Исходно / Baseline	$6,9 \pm 0,9$	$6,9 \pm 0,8$
1 неделя / 1 week	$6,0 \pm 1,3$	$6,3 \pm 1,1$
1 месяц / 1 months	$4,8 \pm 1,5^*$	$5,8 \pm 1,1$
3 месяца / 3 months	$4,2 \pm 2,0^*$	$5,2 \pm 1,3$
6 месяцев / 6 months	$3,2 \pm 1,7^*$	$4,3 \pm 1,5$
12 месяцев / 12 months	$2,9 \pm 1,8^*$	$4,3 \pm 1,6$
24 месяца / 24 months	$2,7 \pm 1,6^*$	$4,0 \pm 1,4$
36 месяцев / 36 months	$2,8 \pm 2,0$	$3,8 \pm 1,7$

Примечание: M — среднее значение; SD — стандартное отклонение; * — $p < 0,05$ РШМ-1 vs РШМ-2.

Note: M — mean; SD — standard deviation; * — $p < 0.05$ CC-1 vs CC-2.

тивных значений в ситуации лечения онкологических заболеваний, и это улучшение было достигнуто через месяц после операции.

На последующих сроках наблюдения балльная оценка по шкале IPOS продолжала снижаться в обеих группах пациенток с РШМ. На всех сроках наблюдения сред-

няя балльная оценка в группах РШМ-1 и РШМ-2 была статистически значимо ниже, чем на исходном визите ($p < 0,05$). При этом более быстрое и выраженное снижение отмечалось в группе РШМ-1. Уже начиная с 1-го месяца получения персонализированной программы комплексной активной реабилитации, средняя балльная оценка по IPOS у женщин этой группы была значимо ниже, чем у пациенток из группы пассивной реабилитации: $4,8 \pm 1,5$ баллов в группе РШМ-1 и $5,8 \pm 1,1$ баллов в группе РШМ-2 ($p < 0,05$). Различия между РШМ-1 и РШМ-2 продолжали оставаться статистически значимыми до 24 месяцев после хирургического вмешательства (табл. 1).

На 3-м году наблюдения средняя балльная оценка по шкале IPOS составила $2,8 \pm 2,0$ балла для группы РШМ-1 и $3,8 \pm 1,7$ балла — для РШМ-2. Таким образом, балльная оценка продолжала оставаться ниже в группе РШМ-1, хотя различия между группами на этом сроке утратили статистическую значимость.

Восстановление после хирургического вмешательства по лечению РШМ часто сопряжено с серьезными трудностями, вызванными различными психологическими, социальными и физическими факторами. Исследование продемонстрировало, что дистресс широко распространен, особенно на ранних этапах после постановки диагноза, и может сохраняться еще до 1 месяца после лечения. Понимание этих факторов имеет решающее значение для ведения таких пациенток и улучшения результатов терапии.

В последние годы стали появляться и результаты других исследований дистресса при РШМ, которые сопоставимы с нашими данными. Так, Schmitt F. et al. продемонстрировали, что повышенный уровень дистресса часто встречается у пациенток с РШМ, особенно в первый месяц после постановки диагноза [21]. При этом хирургические факторы не оказывают существенного влияния на состояние пациентки, а большее влияние оказывают психоонкологическое консультирование и тип лечения (женщины, не получавшие химиолучевую терапию, показали значительно более высокие показатели дистресса). Однако данное исследование являлось по дизайну кросс-секционным, то есть оценка уровня дистресса у каждой участницы проводилась только один раз.

Другое исследование подтвердило, что психоэмоциональные расстройства могут проявляться спустя два года после лечения РШМ: 11,9 % пациенток с ранней стадией РШМ и 15,6 % пациенток с местнораспространенным РШМ через два года после лечения все еще имели уровень тревоги > 11 баллов по Госпитальной шкале тревоги и депрессии (HADS — Hospital Anxiety and Depression Scale (Mantegna G. et al.)). Это было связано с тем, что в обеих группах лимфедема и симптомы менопаузы сохранялись в течение 2 лет после хирургического вмешательства [22]. Таким образом, негативное влияние на уровень дистресса могут оказывать ПОЭС и лимфедема.

Исследование Bakker R.M. et al. показало, что 33 % пациенток, перенесших РШМ, испытывали тревогу, депрессию, сексуальные расстройства, которые сопровождались вагинальными сексуальными симптомами, беспокойством по поводу диспареунии, неудовлетворенностью отношениями и проблемами с восприятием образа тела, что подчеркивает необходимость персона-

лизированных реабилитационных программ во время выздоровления [23]. Отечественная исследовательская группа ранее продемонстрировала позитивное влияние комплексной активной реабилитации на эти проявления при наружном генитальном эндометриозе, вульвовагинальной атрофии (одной из составляющих ПОЭС) и раке вульвы [24–26]. В рамках настоящего исследования доказано позитивное влияние разработанной реабилитационной программы на снижение показателей по шкале IPOS после лечения РШМ. Будет оправданно детально оценить ее эффективность в отношении ПОЭС и расстройств в сексуальной сфере при различных видах РШМ, для чего требуются дальнейшие исследования.

Частью комплексной активной реабилитации явился разработанный нами алгоритм психотерапевтической поддержки для женщин с психоневрологическими симптомами в восстановительном периоде после лечения злокачественных новообразований репродуктивной системы [27]. В рамках настоящего исследования психотерапевтическая помощь по данному алгоритму оказывалась пациенткам из группы РШМ-1, начиная с момента, когда они узнали о диагнозе. Закономерно, что постановка серьезного диагноза и необходимость затратного и агрессивного лечения в значительной степени ухудшают психоэмоциональное состояние женщины, что и продемонстрировано при оценке по IPOS, когда наиболее высокий уровень дистресса определялся именно на исходной точке наблюдения. Именно на этом этапе адекватное консультирование, информирование о перспективах и последствиях лечения, психотерапевтическая помощь помогают снизить, насколько это возможно, уровень дистресса. Через 1 неделю после хирургического вмешательства он в большей степени снизился в группе РШМ-1 ($6,0 \pm 1,3$ баллов), чем в группе РШМ-2 ($6,3 \pm 1,1$ баллов), хотя в этой точке наблюдения различия еще не достигли статистической значимости. Безусловно, здесь играет роль и успешное хирургическое вмешательство, вселяющее надежду на положительный исход. В дальнейшем психотерапевтическая поддержка в рамках программы комплексной активной реабилитации приводила к достоверно более быстрому и выраженному снижению оценки по IPOS. Продолжающийся в восстановительном периоде после хирургического вмешательства по поводу РШМ дистресс часто связан с изменением образа тела, сексуальной дисфункцией и потерей фертильности. Кроме того, у пациенток могут возникать хронические побочные эффекты, такие как проблемы с мочеиспусканием, желудочно-кишечным трактом и неврологические расстройства, что усугубляет общее ухудшение качества жизни [28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования демонстрируют, что комплексная программа активной реабилитации, включающая психотерапевтическую помощь, способствует более быстрому и выраженному снижению средней балльной оценки по шкале IPOS у получавших хирургическое лечение по поводу РШМ.

Для оценки эффективности реабилитационных программ на проявления ПОЭС, сексуальную дисфункцию и другие составляющие качества жизни при различных типах РШМ необходимы более масштабные клинические исследования.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Блинов Дмитрий Владиславович, кандидат медицинских наук, руководитель по медицинским и научным вопросам, Институт превентивной и социальной медицины; научный сотрудник лаборатории научных исследований, Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации и курортологии ФМБА России; доцент кафедры спортивной, физической и реабилитационной медицины, Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Газа.

E-mail: blinov2010@googlemail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3367-9844>

Солопова Антонина Григорьевна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры акушерства, гинекологии и перинатальной медицины Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7456-2386>

Гамеева Елена Владимировна, доктор медицинских наук, исполняющая обязанности генерального директора, Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации и курортологии ФМБА России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8509-4338>

Галкин Всеволод Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, главный врач, клиническая больница им. С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6619-6179>

Иванов Александр Евгеньевич, кандидат медицинских наук, заведующий отделением диагностики и лечения заболеваний молочной железы и репродуктивной системы № 1, Городская клиническая больница им. С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1115-3144>

Акавова Саида Абдулкадыровна, онколог, заведующий центром амбулаторной онкологической помощи, Городская клиническая больница им. С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2166-2574>

Гридасова Ольга Сергеевна, врач акушер-гинеколог, Клиника R.T.H.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1775-9923>

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: Блинов Д.В. — научное обоснование, руководство проектом, анализ данных, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Солопова А.Г. — курирование проекта, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Гамеева Е.В. — курирование проекта, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Галкин В.Н. — обеспечение материалов для исследования, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Иванов А.Е. — обеспечение материалов для исследования, анализ данных, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Акавова С.А. — обеспечение материалов для исследования, анализ данных и написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Гридасова О.С. — обеспечение материалов для исследования, анализ данных, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи.

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

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

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

Dmitry V. Blinov, Ph.D. (Med.), Head of Medical and Scientific Affairs, Institute for Social and Preventive Medicine; Scientist, Scientific Research laboratory, Federal Scientific and Clinical Center of Medical Rehabilitation and Balneology.

E-mail: blinov2010@googlemail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3367-9844>

Antonina G. Solopova, D.Sc. (Med.), Professor, Professor at the Department of Obstetrics, Gynecology and Perinatal Medicine, Filatov Clinical Institute of Children's Health, Sechenov First Moscow State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7456-2386>

Elena V. Gameeva, D.Sc. (Med.), Acting General Director, Federal Scientific and Clinical Center of Medical Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8509-4338>

Vsevolod N. Galkin, D.Sc. (Med.), Professor, Chief Physician, S.S. Yudin City Clinical Hospital.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6619-6179>

Alexander E. Ivanov, Ph.D. (Med.), Head of the Unit for the Diagnosis and Treatment of diseases of the breast and Reproductive system No. 1, S.S. Yudin City Clinical Hospital.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1115-3144>

Saida A. Akavova, Oncologist, Head of Outpatient Cancer Care Center, S.S. Yudin City Clinical Hospital.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2166-2574>

Olga S. Gridasova, Obstetrician-Gynecologist, R.T.H. Clinic.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1775-9923>

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: Blinov D.V. — conceptualization, project administration, data analysis, writing original draft, writing — review & editing; Solopova A.G. — supervision, writing and editing; Gameeva E.V. — supervision, writing original draft, writing — review & editing; Galkin V.N. —

resources, writing original draft; Ivanov A.E. — resources, data analysis, writing — original draft, writing — review & editing; Akavova S.A. — resources, data analysis, writing original draft, writing — review & editing; Gridasova O.S. — resources, data analysis, writing — original draft, 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. **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

- Memon A., Bannister P. Epidemiology of Cervical Cancer. In: Farghaly, S. (Eds) Uterine Cervical Cancer. Springer. Cham. 2019; pp. 1–16. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02701-8_1
- Ghosh I., Mandal R., Kundu P., Biswas J. Association of Genital Infections Other Than Human Papillomavirus with Pre-Invasive and Invasive Cervical Neoplasia. *J Clin Diagn Res.* 2016; 10(2):XE01–XE06. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/15305.7173>
- Ленкова К.В., Хусаинова Р.И., Миннихметов И.Р. Молекулярно-генетические основы рака шейки матки. *Молекулярная медицина.* 2023; 21(4):25–33. <https://doi.org/10.29296/24999490-2023-04-04> [Lenkova K.V., Khusainova R.I., Minniakhmetov I.R. Molecular genetic basis of cervical cancer. *Molecular medicine.* 2023; 21(4):25–33. <https://doi.org/10.29296/24999490-2023-04-04> (In Russ.).]
- Pimple S., Mishra G. Cancer cervix: Epidemiology and disease burden. *CytoJournal Monograph Related Review Series.* 2022; 19:21. https://doi.org/10.25259/CMAS_03_02_2021
- Mardhia M., Effiana E., Irsan A., et al. Infections of Chlamydia trachomatis and Mycoplasma hominis as Risk Factors for Abnormal Cervical Cells. *Makara J Health Res.* 2018; 22(1). <https://doi.org/10.7454/msk.v22i1.7965>
- Ramachandran D., Dörk T. Genomic Risk Factors for Cervical Cancer. *Cancers.* 2021; 13(20):5137. <https://doi.org/10.3390/cancers13205137>
- Devouassoux-Shisheboran M. Glandular lesions of the uterine cervix: Introduction/ *Annales de Pathologie.* 2016; 36(3):174–175. <https://doi.org/10.1016/j.annpat.2016.03.007> [Devouassoux-Shisheboran M. Les lésions glandulaires du col utérin: introduction. *Annales de Pathologie.* 2016; 36(3):174–175. <https://doi.org/10.1016/j.annpat.2016.03.007> (In French).]
- Di Bonito L. Sémiologie des anomalies des cellules glandulaires cervicales Semiology of cervical glandular cell abnormalities *Ann Pathol.* 2011; 31(5 Suppl):S105–106. <https://doi.org/10.1016/j.annpat.2011.08.008> [Di Bonito L. Semiology of cervical glandular cell abnormalities *Ann Pathol.* 2011; 31(5 Suppl):S105–106. <https://doi.org/10.1016/j.annpat.2011.08.008> (In French).]
- Босш Х.Ф. Релевантность распространенности типов ВПЧ при раке шейки матки. *Проблемы здоровья и экологии.* 2010; (15):54–55. <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2010-7-1s-19> [Bosch X.F. The relevance of the HPV type distribution in cervical cancer. *Health and Ecology Issues.* 2010; (15):54–55. <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2010-7-1s-19> (In Russ.).]
- Pan X., Yang W., Wen Z., Li F., Tong L., Tang W. Does adenocarcinoma have a worse prognosis than squamous cell carcinoma in patients with cervical cancer? A real-world study with a propensity score matching analysis. *J Gynecol Oncol.* 2020; 31(6):e80. <https://doi.org/10.3802/jgo.2020.31.e80>
- Babakanrad E., Mohammadian T., Esmaili D., Behzadi P. Cervical Cancer: A Review of Epidemiology, Treatments and Anticancer Drugs. *Current Cancer Therapy Reviews.* 2023; 19(3):e070223213485. <https://doi.org/10.2174/1573394719666230207101655>
- Yee G.P., de Souza P., Khachigian L.M. Current and potential treatments for cervical cancer. *Curr Cancer Drug Targets.* 2013; 13(2):205–220. <https://doi.org/10.2174/1568009611313020009>
- Акавова С.А., Солопова А.Г., Блинов Д.В., Ачкасов Е.Е., Галкин В.Н., Корабельников Д.И., Мнацаканыян А.Н., Петренко Д.А., Быковщенко Г.К., Хазан П.Л. Лечение и реабилитация при раке шейки матки: опыт организации маршрутизации пациентов. *Акушерство, Гинекология и Репродукция.* 2023; 17(5):625–637. <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2023.461> [Akavova S.A., Solopova A.G., Blinov D.V., Achkasov E.E., Galkin V.N., Korabelnikov D.I., Mnatsakanyan A.N., Petrenko D.A., Bykovshchenko G.K., Khazan P.L. Treatment and rehabilitation for cervical cancer: the experience of patient journey management. *Obstetrics, Gynecology and Reproduction.* 2023; 17(5):625–637. <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2023.461> (In Russ.).]
- Александров А.Г. Организация реабилитации при злокачественных новообразованиях репродуктивной системы. *Реабилитология.* 2024; 2(2):247–263. <https://doi.org/10.17749/2949-5873/rehabil.2024.22> [Aleksandrov A.G. Organization of rehabilitation for reproductive system malignant neoplasms. *Rehabilitology.* 2024; 2(2):247–263. <https://doi.org/10.17749/2949-5873/rehabil.2024.22> (In Russ.).]
- Акавова С.А. Маршрутизация пациенток при реабилитации после лечения онкогинекологических патологий. *Реабилитология.* 2024; 2(1):158–172. <https://doi.org/10.17749/2949-5873/rehabil.2024.21> [Akavova S.A. Patient routing system in rehabilitation after treatment for oncogynecological pathologies. *Rehabilitology.* 2024; 2(1):158–172. <https://doi.org/10.17749/2949-5873/rehabil.2024.21> (In Russ.).]
- Рубрикатор клинических рекомендаций Минздрава России. Рак шейки матки. Клинические рекомендации. 2020. Доступно на: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/537_1 (Дата обращения: 08.08.2024). [Clinical guidelines of the Ministry of Health of the Russian Federation. Cervical cancer. Clinical guidelines. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/537_1. (Accessed: 08.08.2024) (In Russ.).]
- Петренко Д.А., Корабельников Д.И. Методы оценки качества жизни при раке. *Реабилитология.* 2023; 1(1):33–48. <https://doi.org/10.17749/2949-5873/rehabil.2023.7> [Petrenko D.A., Korabelnikov D.I. Methods for assessing quality of life in cancer. *Rehabilitology.* 2023; 1(1):33–48. <https://doi.org/10.17749/2949-5873/rehabil.2023.7> (In Russ.).]
- Беляев А.М. и др. Онкопсихология для врачей-онкологов и медицинских психологов. Руководство. Ред. Беляев А.М., Чулкова В.А., Семиглазова Т.Ю., Рогачев М.В. СПб.: Издательство АНО «Вопросы онкологии». 2017; 350 с. [Belyaev A.M. et al. *Oncopsychology for oncologists and medical psychologists. Guide.* Ed. Belyaev A.M., Chulkova V.A., Semiglazova T.Yu., Rogachev M.V. Spb.: Publishing house ANO “Questions of Oncology”. 2017; 350 p. (In Russ.).]
- Акарачкова Е.С., Байдаулетова А.И., Беляев А.А., Блинов Д.В., Громова О.А., Дулаева М.С., Замерград М.В., Исайкин А.И., Кадырова Л.Р., Клименко А.А., Кондрашов А.А., Косивцова О.В., Котова О.В., Лебедева Д.И., Медведев В.Э., Орлова А.С., Травникова Е.В., Яковлев О.Н. Стресс: причины и последствия, лечение и профилактика. Клинические рекомендации. СПб.: Скифия-принт. М.: Профмедпресс. 2020; 138 с. [Akarachkova E.S., Baiduletova A.I., Belyaev A.A., Blinov D.V., Gromova O.A., Dulaeva M.S., Zamergrad M.V., Isaikin A.I., Kadyrova L.R., Klimentko A.A., Kondrashov A.A., Kosivtsova O.V., Kotova O.V., Lebedeva D.I., Medvedev V.E., Orlova A.S., Travnikova E.V., Yakovlev O.N. Stress; causes and effects, management, and prevention. *Clinical guidelines.* St. Petersburg: Skifia-print; Moscow: Profmedpress. 2020; 138 p. (In Russ.).]
- Акарачкова Е.С., Байдаулетова А.И., Блинов Д.В., Бугорский Е.В., Кадырова Л.Р., Климов Л.В., Котова О.В., Лебедева Д.И., Орлова А.С., Травникова Е.В., Царева Е.В., Яковлев О.Н. Стресс у детей и подростков: причины и последствия, лечение и профилактика. Клиническое руководство. СПб.: Скифия-принт; М.: Профмедпресс. 2022. 90 с. [Akarachkova E.S., Baiduletova A.I., Blinov D.V., Bugorsky E.V., Kadyrova L.R., Klimov L.V., Kotova O.V., Lebedeva D.I., Orlova A.S., Travnikova E.V., Tsareva E.V., Yakovlev O.N. Stress in children and adolescents: causes and consequences, treatment and prevention. *Clinical Guide.* SPb.: Skifia-print; M.: Profmedpress. 2022. 90 p. (In Russ.).]

21. Schmitt F., Najjari L., Kupec T., Stickeler E., Meinhold-Heerlein I., Wittenborn J. Predictors of significant distress in cervical cancer patients: a cross sectional study. *Arch Gynecol Obstet.* 2024; 310(1):551–560. <https://doi.org/10.1007/s00404-024-07505-2>
22. Mantegna G., Petrillo M., Fuoco G., Venditti L., Terzano S., Anchora L.P., Scambia G., Ferrandina G. Long-term prospective longitudinal evaluation of emotional distress and quality of life in cervical cancer patients who remained disease-free 2-years from diagnosis. *BMC Cancer.* 2013; 13:127. <https://doi.org/10.1186/1471-2407-13-127>
23. Bakker R.M., Kenter G.G., Creutzberg C.L., Stiggelbout A.M., Derks M., Mingelen W., Kroon C.D., Vermeer W.M., Ter Kuile M.M. Sexual distress and associated factors among cervical cancer survivors: A cross-sectional multicenter observational study. *Psychooncology.* 2017; 26(10):1470–1477. <https://doi.org/10.1002/pon.4317>
24. Бегович Ё., Байгалмаа Б., Солопова А.Г., Бицадзе В.О., Хизроева Д.Х., Сон Е.А., Зобаид Ш.Х., Быковщенко Г.К. Качество жизни как критерий оценки эффективности реабилитационных программ у пациенток с болевой формой наружного генитального эндометриоза. *Акушерство, Гинекология и Репродукция.* 2023;17(1):92–103. <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2023.391> [Begovich E., Baigalmaa B., Solopova A.G., Bitsadze V.O., Khizroeva J.Kh., Son E.A., Zobaid Sh.Kh., Bykovshchenko G.K. Quality of life as a criterion for assessing the effectiveness of rehabilitation programs in patients with painful external genital endometriosis. *Obstetrics, Gynecology and Reproduction.* 2023;17(1):92–103. <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2023.391> (In Russ.).]
25. Бегович Ё., Солопова А.Г., Хлопкова С.В., Сон Е.А., Идрисова Л.Э. Качество жизни и особенности психоэмоционального статуса больных наружным генитальным эндометриозом. *Акушерство, Гинекология и Репродукция.* 2022; 16(2):122–133. <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2022.283> [Begovich E., Solopova A.G., Khlopkova S.V., Son E.A., Idrisova L.E. Quality of life and psychoemotional status in patients with external genital endometriosis. *Obstetrics, Gynecology and Reproduction.* 2022; 16(2):122–133. <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2022.283> (In Russ.).]
26. Блинов Д.В., Солопова А.Г., Гамеева Е.В., Бадалов Н.Г., Галкин В.Н., Ерёмушкин М.А., Степанова А.М., Иванов А.Е., Гридасова О.С. Влияние реабилитации на психоэмоциональное состояние женщин с хирургическим лечением рака вульвы: рандомизированное контролируемое исследование. *Вестник восстановительной медицины.* 2024; 23(5):52–60. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-5-52-60> [Blinov D.V., Solopova A.G., Gameeva E.V., Badalov N.G., Galkin V.N., Eremushkin M.A., Stepanova A.M., Ivanov A.E., Gridasova O.S. Rehabilitation Effects on Psycho-Emotional Well-Being in Women with Surgically Treated Vulvar Cancer: a Randomised Controlled Trial. *Bulletin of Rehabilitation Medicine.* 2024; 23(5):52–60. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-5-52-60> (In Russ.).]
27. Блинов Д.В., Солопова А.Г., Ачкасов Е.Е., Акарачкова Е.С., Котова О.В., Акавова С.А., Галкин В.Н., Быковщенко Г.К., Санджиева Л.Н., Корабельников Д.И., Блбулян Т.А., Петренко Д.А., Власина А.Ю. Алгоритм комплексной психотерапевтической поддержки для женщин с психоневрологическими симптомами в период реабилитации после лечения злокачественных новообразований репродуктивной системы. Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2023; 15(3):232–245. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2023.168> [Blinov D.V., Solopova A.G., Achkasov E.E., Akarachkova E.S., Kotova O.V., Akavova S.A., Galkin V.N., Bykovshchenko G.K., Sandzhieva L.N., Korabelnikov D.I., Blbulyan T.A., Petrenko D.A., Vlasina A.Yu. Algorithm for the provision of comprehensive psychotherapeutic support to women experiencing neuropsychiatric symptoms during rehabilitation following the treatment of malignant neoplasms of the reproductive system. *Epilepsy and paroxysmal conditions.* 2023; 15(3):232–245. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2023.168> (In Russ.).]
28. Rutherford C., Mercieca-Bebber R., Tait M., Mileshekin L., King M.T. Quality of Life in Women with Cervical Cancer. In: Farghaly. S. (eds) *Uterine Cervical Cancer.* Springer. Cham. 2019; pp. 267–289. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02701-8_15