



ФГБУ «НМИЦ РК»
Минздрава России

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

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

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

Вестник

Том 23, №2
Апрель
Vol. 23, No.2
April
2024

восстановительной медицины

Bulletin of Rehabilitation Medicine
Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny



Подписной индекс: 71713 | www.vvmr.ru

TOM 23, № 2, 2024 / VOL. 23, ISSUE 2, 2024

ВЕСТНИК ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ / BULLETIN OF REHABILITATION MEDICINE

ВЕСТНИК ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ

Том 23, № 2-2024

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Лутц ЛУНГВИЦ, Немецкая ассоциация медицинского оздоровления, Берлин, Германия

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

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

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

ПРЕДСЕДАТЕЛИ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОМАНДА

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

БЕРЕЗКИНА Е.С., к.б.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

ПЕРЕВОДЧИК

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



УЧРЕДИТЕЛЬ и ИЗДАТЕЛЬ

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации
<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, 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» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 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 22.04.2024.
Выход в свет 29.04.2024.
Формат 640x900 1/8.
Бумага мелованная 115 г/м².
Печать офсетная.
Тираж 1000 экз. Заказ № 20240524.

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) 981-91-03 E-mail: medprint@mail.ru

BULLETIN OF REHABILITATION MEDICINE

Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny

Vol. 23, No. 2-2024

EDITOR-IN-CHIEF

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

DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF

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

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lutz LUNGWITZ, German Medical Wellness Association, Berlin,
Germany

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

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

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

CHAIRS OF THE EDITORIAL COUNCIL

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

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

EDITORIAL COUNCIL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PUBLISHING STAFF

SCIENTIFIC EDITOR

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

MANAGING EDITOR

Elena S. BEREZKINA, Ph.D. (Biol.), 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

TRANSLATOR

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



OWNER and PUBLISHER

National Medical Research Center
for Rehabilitation and Balneology,
Moscow, Russia
<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, ROAD, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, Russian State Library, SHERPA RoMEO, Portico.

EDITORIAL BOARD ADDRESS

32, Novy Arbat Street, Moscow, Russia, 121099,
tel.: +7 (499) 277-01-05 (1151);
E-mail: vvm@nmicrk.ru; www.vvmr.ru
Distribution: Union catalogue.
Russian Press / Newspapers and journals.
Index: 71713, tel.: +7 (495) 172-46-47.



More information
on our website:
www.vvmr.ru

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 22.04.2024.

Published 29.04.2024.

640x900 1/8 format.

Coated paper 115 g/m².

Offset printing.

Circulation 1000 copies. Order No. 20240524.

The Journal is distributed on 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) 981-91-03

E-mail: medprint@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА
CONTENTS

СТАТЬИ / ARTICLES	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE 7	
Реабилитация кардиологических пациентов с постковидным синдромом: результаты пилотного клинического исследования Собирова Г.Н., Масiero С., Усманходжаева А.А., Бекчанова М.Р., Демин Н.А. Rehabilitation of Cardiological Patients with Post-COVID Syndrome: Morphofunctional Data Report Guzal N. Sobirova, Stefano Masiero, Adibakhon A. Usmankhodjayeva, Makhfuza R. Bekchanova, Nikita A. Demin	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE 17	
Effect of Lung Breather on Hospital Stay in Patients with Acquired Pneumonia: a Randomized Clinical Study Amal K. Hassan, Nesreen G. Elnahas, Youssef M. Soliman, Heba A.M. Ghaleb Влияние легочного респиратора на продолжительность стационарного лечения пациентов с приобретенной пневмонией: рандомизированное клиническое исследование Хассан А.К., Эльнахас Н.Г., Солиман Ю.М., Галёб Х.А.М.	
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE 25	
Коллагеновый гидрогель защищает эпителиальные клетки кишечника от индометацин-индуцированного повреждения: результаты эксперимента in vitro Марков П.А., Соколов А.С., Артемьева И.А., Гильмутдинова И.Р., Фесюн. А.Д., Еремин П.С. Collagen Hydrogel Protects Intestinal Epithelial Cells From Indomethacin-Induced Damage: Results of an in vitro Experiment Pavel A. Markov, Andrey S. Sokolov, Irina A. Artemyeva, Ilmira R. Gilmutdinova, Anatoliy D. Fesyun, Petr S. Eremin	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ / REVIEW 34	
Современные методы реабилитации пациентов после хирургического лечения синдрома карпального канала: обзор литературы Гребень Т.Н., Фесюн А.Д., Гребень А.И. Current Medical Rehabilitation Methods for Patients after Carpal Tunnel Syndrome Surgical Treatment: a Review Tatiana N. Greben, Anatoliy D. Fesyun, Anastasiya I. Greben	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ / REVIEW 42	
Возможности применения обратной ходьбы в реабилитации пациентов с гонартрозом: обзор литературы Клеменов А.В. Possibilities of Backward Walking Application in the Rehabilitation of Patients with Gonarthrosis: Review Alexey V. Klemenov	
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ / REVIEW 49	
Представления о клинике, диагностике и комплексном лечении плантарного фасциита: обзор литературы Айрапетов Г.А., Агафонов Д.Г., Сердобинцев М.С., Кафтырев А.С. Views about the Clinical, Diagnostic and Comprehensive Treatment of Plantar Fasciitis: a Review Georgii A. Airapetov, Daniil G. Agafonov, Mikhail S. Serdobintsev, Alexander S. Kaftyrev	
КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ / CASE REPORT 57	
Клинический случай комплексной реабилитации при посттравматической миелопатии с использованием сапропелей озера Тараскуль Журавель Т.В., Прокопьева М.С., Туровина Е.Ф., Кравченко М.А. Clinical Case of Complex Rehabilitation for Post-Traumatic Myelopathy Using Taraskul Lake Saproels Tatyana V. Zhuravel, Marina S. Prokopyeva, Elena F. Turovinina, Mikhail A. Kravchenko	

Реабилитация кардиологических пациентов с постковидным синдромом: результаты пилотного клинического исследования

 Собирова Г.Н.¹,  Масиеро С.²,  Усманходжаева А.А.¹,  Бекчанова М.Р.³,
 Демин Н.А.^{1,*}

¹ Ташкентская медицинская академия (ТМА), Ташкент, Республика Узбекистан

² Университет Падуи, Падуя, Италия

³ Ташкентский международный университет Кимё, Ташкент, Республика Узбекистан

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Постковидный синдром является распространенным осложнением COVID-19, возникая более чем у трети пациентов, данное состояние сохраняется более 3 месяцев после заражения вирусом SARS-CoV-2.

ЦЕЛЬ. Оценить влияние и потенциальную эффективность комплексной программы физической реабилитации кардиологических пациентов с постковидным синдромом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании приняли участие 128 пациентов кардиологического профиля с постковидным синдромом. Участники исследования составили три группы в зависимости от программы 12-недельной физической реабилитации. Эффективность реабилитации оценивали посредством параметров кардиопульмонального тестирования, а также нагрузочного теста 6-минутной ходьбы (6MWT) и степени одышки по модифицированному опроснику одышки mMRC.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Индекс mMRC в группе CPR составил 1,0 [0,0–1,0] балла в сравнении с 2,0 [1,0–2,0] балла контрольной группы и группы РА ($p < 0,05$); толерантность к физической нагрузке VO_{2max} увеличилась на $8,3 \pm 3,8 \%$ ($p < 0,05$); нормализация ЧСС и АД в ответ на физическую нагрузку через 12 недель в группе воздействия составила $5,0 \pm 2,1 \%$ по сравнению с показателями в экспериментальной и контрольной группах; результаты теста 6MWT — 688 м в группе воздействия против 490 м для участников контрольной группы ($p < 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ. Сравнительный анализ ранее проведенных исследований подтвердил закономерность между включением комбинированной кардиореспираторной тренировки в протокол 12-недельной реабилитации постковидных осложнений у пациентов кардиологического профиля и снижением степени одышки, а также повышением толерантности к физической нагрузке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. На основании полученных экспериментальных данных целесообразно проанализировать последствия программы «Cardiopulmonary Physical Rehabilitation» в рамках более масштабных рандомизированных клинических испытаний, что позволит более детально оценить клинические последствия, а также возможность скорректировать режим и дозу физической нагрузки предложенной программы реабилитации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: COVID-19, пост-COVID, кардиореспираторная реабилитация.

Для цитирования / For citation: Собирова Г.Н., Масиеро С., Усманходжаева А.А., Бекчанова М.Р., Демин Н.А. Реабилитация кардиологических пациентов с постковидным синдромом: результаты пилотного клинического исследования. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(2):7-16. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-7-16> [Sobirova G.N., Masiero S., Usmankhodjaeva A.A., Bekchanova M.R. Demin N.A. Rehabilitation of Cardiological Patients with Post-COVID Syndrome: Morphofunctional Data Report. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):7-16. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-7-16> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Демин Никита Алексеевич, E-mail: info@tma.uz, deminnic1@gmail.com

Статья получена: 28.12.2023
Статья принята к печати: 28.02.2024
Статья опубликована: 15.04.2024

Rehabilitation of Cardiological Patients with Post-COVID Syndrome: Morphofunctional Data Report

 **Guzal N. Sobirova**¹,  **Stefano Masiero**¹,  **Adibakhon A. Usmankhodjayeva**¹,
 **Makhfuza R. Bekchanova**³,  **Nikita A. Demin**^{1,*}

¹ Tashkent Medical Academy (TMA), Tashkent, Republic of Uzbekistan

² University of Padua, Padua, Italy

³ Kimyo International University in Tashkent, Tashkent, Republic of Uzbekistan

ABSTRACT

INTRODUCTION. Post-COVID is a common complication of COVID-19, occurring in more than a third of patients, and condition will persist for more than 3 months after infection with the SARS-CoV-2.

AIM. To evaluate impact and potential effectiveness of a comprehensive physical rehabilitation program on health of cardiac patients with complications of a previously suffered new coronavirus infection SARS-CoV-2 COVID-19.

MATERIALS AND METHODS. The study involved 128 cardiology patients with post-COVID syndrome. The study participants comprised three groups depending on the 12-week physical rehabilitation program. The effectiveness of rehabilitation was assessed through parameters of cardiopulmonary testing, as well as the 6-minute walk exercise test and the degree of dyspnea according to modified mMRC dyspnea questionnaire.

RESULTS. The mMRC index in CPR group was 1.0 [0.0–1.0] point, compared with 2.0 [1.0–2.0] in control and comparative groups ($p < 0.05$); exercise tolerance VO_{2max} increased by $8.3 \pm 3.8 \%$ ($p < 0.05$); normalization of heart rate and blood pressure in response to physical activity after 12 weeks in intervention group was $5.0 \pm 2.1 \%$ compared to comparative and control groups; 6MWT test results 688 m, in the intervention group, versus 490 m, for participants in control group ($p < 0.05$).

DISCUSSION. A comparative analysis of previously conducted studies confirmed pattern between the inclusion of combined cardiorespiratory training in the protocol for 12-week rehabilitation of post-COVID complications among cardiac patients, and a decrease in the degree of shortness of breath, as well as an increase in exercise tolerance.

CONCLUSIONS. Based on experimental data obtained, it is advisable to analyze the effects of Cardiopulmonary Physical Rehabilitation program in the framework of larger randomized clinical trials. This will allow a more detailed assessment of the clinical consequences, as well as the ability to adjust mode and dose of physical activity of proposed rehabilitation program.

KEYWORDS: COVID-19, post-COVID, cardiorespiratory rehabilitation.

For citation: Sobirova G.N., Masiero S., Usmankhodjaeva A.A., Bekchanova M.R. Demin N.A. Rehabilitation of Cardiological Patients with Post-COVID Syndrome: Morphofunctional Data Report. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):7-16. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-7-16> (In Russ.).

* **For correspondence:** Nikita A. Demin, E-mail: info@tma.uz, deminic1@gmail.com

Received: 28.12.2023

Accepted: 28.02.2024

Published: 15.04.2024

ВВЕДЕНИЕ

За три года пандемии COVID-19 смертность людей, инфицированных SARS-CoV-2, во всем мире снизилась со 100 тыс. летальных исходов в неделю за 2020 год до 6,5 тыс. летальных исходов в неделю к 2023 году. Именно снижение смертности, заболеваемости и, по всей видимости, вирулентности штаммов SARS-CoV-2 побудило Всемирную организацию здравоохранения (ВОЗ) принять решение о снятии уровня ограничений, связанных с пандемией COVID-19 [1, 2]. Благодаря эффективной и систематической вакцинации населения планеты было зафиксировано значимое снижение числа госпитализаций пациентов в среднетяжелом и тяжелом клиническом состоянии. Кроме того, своевременное использование неотложных методов лечения, таких как гормонотерапия, противовоспалительная цитокиновая терапия, а также современная противовирусная терапия, позволило наиболее эффективно осуществлять меры по предотвращению и нераспространению новой коронавирусной инфекции [3].

Как и при других схожих респираторных вирусных инфекциях, вызванных вирусами SARS-CoV и MERS-CoV, ко-

торые приводят к острому повреждению легочной ткани с последующими респираторными нарушениями, долгосрочные постинфекционные состояния COVID-19 были описаны уже после начала пандемии. С одной стороны, это говорит о потенциальном увеличении выживаемости пациентов, а с другой — ставит медицинское сообщество перед вопросом лечения данных осложнений [4, 5]. Постковидные осложнения поражают несколько систем органов и включают ряд симптомов, среди которых отмечаются одышка, кашель, перманентная утомляемость, снижение стартовых физических параметров, разнообразные когнитивные нарушения, возникающие и сохраняющиеся после заражения SARS-CoV-2. Для правомочности постановки диагноза постковидного осложнения принято оценивать длительность сохранения симптомов, как правило, в течение 3 или более месяцев. При ситуации, когда пациент перенес COVID-19 более одного раза, состояние постковидных осложнений принято оценивать в течение 2 и более месяцев. Одним из условий постановки данного диагноза является невозможность объяснить эти осложнения альтернативным диагнозом или

другим сопутствующим заболеванием [6]. Постковидные осложнения подразделяют на два вида — легочные и внелегочные последствия COVID-19. Легочные постковидные осложнения в основном связаны с повышенным риском тромбозов легочной артерии и выраженным фиброзом легочной ткани. Эти осложнения способствуют различным неблагоприятным явлениям у пациентов, перенесших COVID-19. К ним относят стойкую одышку, кашель, нарушение инспираторного и экспираторного типов дыхания, сокращение жизненной емкости легких и пр. [7–9]. Внелегочные постковидные осложнения широко распространены и наиболее часто выражаются в снижении толерантности к физической нагрузке, мышечной атрофии, снижении адаптационных резервов и явлениями мышечной денервации, а также разнообразными когнитивными нарушениями [10–12]. Согласно последним данным, наиболее частыми постковидными осложнениями в долевом расчете на 50 тыс. пациентов через 3 месяца после перенесенного COVID-19 были утомляемость (58,0 %), головная боль (44,0 %), нарушение внимания (27,0 %), выпадение волос (25,0 %) и одышка (24,0 %). При этом в периоде 6 месяцев после перенесенного COVID-19 пациентов чаще всего беспокоили усталость или мышечная слабость (63,0 %), проблемы со сном (26,0 %), депрессивные и тревожные состояния (23,0 %) [13]. В связи с вышесказанным исследования немедикаментозных методов терапии постковидных осложнений являются основой для формирования программ физической реабилитации пациентов с постковидными осложнениями.

ЦЕЛЬ

В рамках пилотного клинического исследования оценить влияние и эффективность разработанной кардиопульмональной реабилитации кардиологических пациентов с осложнениями после ранее перенесенной новой коронавирусной инфекции COVID-19.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное пилотное клиническое исследование выполнено на базе Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра терапии и медицинской реабилитации, г. Ташкент, Республика Узбекистан. Дизайн клинического исследования был спланирован в соответствии с международным протоколом для пилотных клинических исследований «CONSORT 2010» [14]. В клиническом пилотном исследовании приняли участие 128 пациентов кардиологического профиля с постковидным синдромом (ПКС), ранее перенесших COVID-19. Период наблюдения за участниками исследования составил 12 недель (в медиане от 4 до 20 недель).

Критерии включения

Наличие сердечно-сосудистой патологии в анамнезе; эпизод предшествующей (не менее 3 месяцев) госпитализации по поводу новой коронавирусной инфекции COVID-19; лабораторно подтвержденный факт новой коронавирусной инфекции COVID-19; наличие хотя бы одного постковидного симптома (повышенная утомляемость, нарушение толерантности к физической нагрузке, одышка, кашель, болевой синдром, нетипичные значения артериального давления (АД), усугубление основной кардиологической патологии); возраст пациента старше 18 лет.

Критерии исключения

Явления нарастающей гипертермии ($t^{\circ} > 37,5^{\circ}\text{C}$) в течение суток; показатели сатурации капиллярной крови менее 90 %; частота дыхательных движений более 25 в минуту; частота сердечных сокращений (ЧСС) более 100 уд./мин либо увеличение ЧСС на 50,0 % от исходных значений при условии нахождения пациента в состоянии покоя; увеличение показателей АД — систолического артериального давления (САД) более 180 мм рт. ст. при нагрузке и менее 90 мм рт. ст. в покое, диастолического артериального давления (ДАД) более 110 мм рт. ст., снижение значений от исходного уровня на 20 мм рт. ст. в случаях САД и 10 мм рт. ст. в случаях ДАД; явления ишемических изменений при электрокардиографии; клинические признаки нарушения кардиореспираторной функции (нарастание одышки, парадоксальное дыхание, бендопноэ, цианоз, нарушения ритма сердца, появление болевого синдрома, тошнота, головокружение, потеря равновесия).

В рамках клинического исследования участники были распределены в группы с помощью электронной версии генератора случайных чисел (рандомайзера) с заранее заданными параметрами распределения.

Группа I (Cardiopulmonary Physical Rehabilitation — CPR) — 42 (32,8 %) пациента, в составе 13 (31,0 %) мужчин и 29 (69,0 %) женщин, которым было предложено пройти 12-недельную 3-этапную программу комплексной кардиопульмональной реабилитации (Post-COVID Cardiopulmonary Physical Rehabilitation — post-COVID CPR). В рамках данной программы физической реабилитации входили как аэробный, так и анаэробный тип физической нагрузки, при этом второй проводили под контролем врача ЛФК. Этапы данной программы физической реабилитации заключались в уровне нагрузки (нагрузка увеличивалась в соответствии с этапом: чем выше этап, тем выше процент нагрузки от максимально возможного), при этом каждый этап характеризовался комфортной переносимостью уровня нагрузки, а переход пациента на следующий этап зависел от уровня толерантности к физической нагрузке. Режим 1-го этапа программы реабилитации состоял из 3 тренировок / 7 суток, каждая тренировка длилась не менее 20 и не более 30 минут; 2-й этап состоял из 4 тренировок / 7 суток, с длительностью тренировки не менее 20 и не более 30 минут; 3-й этап кардиопульмональной программы реабилитации состоял из 3 тренировок / 7 суток, при этом каждая тренировка длилась не менее 40 минут. На 1-м и 2-м этапах программы реабилитации первая тренировка каждой недели проводилась под контролем специалиста терапевтического профиля и специалиста медицинской реабилитации. На 3-м этапе программы реабилитации вводили анаэробные упражнения, поэтому все тренировки проводили под контролем инструктора ЛФК и специалиста по медицинской реабилитации. Технические особенности программы 3-этапной реабилитации и характеристики физических упражнений индивидуально назначали для каждого пациента. Основными задачами в рамках программы реабилитации на этапах анаэробной нагрузки стало обучение пациентов контролю дыхания (объемно-целевой вентиляции легких), а также формирование паттернов движений при упражнениях на дыхательную мускулатуру: диафрагмальное дыхание; реберное дыхание; дыхание через поджатые губы с форсированным выдохом; основная аэробная тренировка (велозргомтр 12–15 минут с мощностью не более 55–60 %

от предельно допустимого ЧСС или ходьба с приемлемой/комфортной скоростью 20–25 минут). Комплекс физических упражнений анаэробного типа был преимущественно направлен на работу мышц туловища, мышц верхних и нижних конечностей и включал в себя: период разминки (активная мобилизация шейного, спинного и поясничного отдела, верхних и нижних конечностей); функциональные упражнения с увеличением интенсивности (упражнения по контролю моторики, упражнения на контроль баланса тела, динамические упражнения в положении сидя); плиометрические упражнения при необходимости и желании пациента (зашагивания и сшагивания с платформы, запрыгивания и спрыгивания с платформы).

Группа II (Physical-Activity — PA) — 42 (32,8 %) пациента, в составе 15 (35,7 %) мужчин и 27 (64,3 %) женщин, которым были предложены рекомендации по реабилитации, опубликованные на интернет-ресурсе ВОЗ. В рамках данной программы пациентам в возрасте старше 18 лет рекомендовано уделять не менее 150 минут в неделю физической активности средней интенсивности или не менее 75 минут в неделю занятиям высокой интенсивности. Для дополнительного укрепления здоровья участникам исследования рекомендовали увеличить продолжительность занятий физической активностью средней интенсивности до 300 минут в неделю или до эквивалентного показателя. Для поддержания и укрепления скелетно-мышечной системы следует не менее 2 дней в неделю посвящать силовым упражнениям, задействующим основные группы мышц. Кроме того, пожилые люди с ограниченной мобильностью должны не менее 3 дней в неделю выполнять упражнения на равновесие, предотвращающие риск падений [15].

Группа III (контроль) состояла из 44 (34,4 %) пациентов — 19 (43,2 %) мужчин и 25 (56,8 %) женщин, которым были даны устные рекомендации по преодолению последствий ранее перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19.

Стоит отметить, что на всех этапах клинического исследования пациенты не прекращали лекарственную терапию основного кардиологического заболевания. В качестве основных методов оценки эффективности вмешательства до начала, во время (6-я неделя) и по завершении программ реабилитации ПКС пациентам проводили кардиопульмональное нагрузочное тестирование. Для этого использовали велоэргометр «Corival cpet» (Lode, Нидерланды) совместно с компьютерной спирометрической системой «BTL-08 Spiro» (BTL Medical Technologies, Великобритания). Основными оцениваемыми параметрами были следующие: анализ периферической капиллярной оксигенации (SpO_2) осуществляли в период завершения тренировки (при этом критическим являлось снижение сатурации более 4,0 % от исходного уровня в состоянии покоя); форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ); объем форсированного выдоха (ОФВ1); соотношение ОФВ1 и показателя жизненной емкости легких — индекс Тиффно, что позволяло определить уровень функционирования вентиляционной способности дыхательной системы; уровень максимального количества потребления кислорода (VO_{2max}), который характеризует устойчивость организма к физической нагрузке, а также выносливости. Также оценивали показатели сердечно-сосудистой функции: АД и ЧСС в покое и при пиковой физической нагрузке. В качестве основного метода оценки толерантности к физической нагрузке участникам исследова-

ования проводили тест 6-минутной ходьбы (6-Minute's Walk Test — 6MWT), который заключался в прохождении пациентом максимальной дистанции за 6-минутный отрезок времени [15]. Оценку кардиореспираторной функции при нагрузке среди участников исследования также осуществляли во время теста 6MWT. Для мониторинга степени выраженности одышки использовали модифицированную шкалу (modified Medical Research Council — mMRC) [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Пилотное исследование полностью завершили 47 (36,7 %) мужчин и 81 (63,3 %) женщина в возрасте 62 ± 5 лет. Все участники исследования имели сердечно-сосудистую патологию в анамнезе: гипертоническую болезнь (ГБ) — 128 (100 %) случаев; ишемическую болезнь сердца (ИБС) — 78 (60,9 %) случаев; стабильную стенокардию (СНК) — 52 (40,6 %) случая. Значения индекса массы тела у участников были удовлетворительными и в среднем составили $28 \pm 3,7$ кг/м². Все участники имели лабораторно подтвержденный факт ранее перенесенной коронавирусной инфекции, при этом легкая степень течения была у 31 (24,2 %) участника, средняя степень — у 90 (70,3 %) и тяжелое течение COVID-19 было зафиксировано у 7 (5,5 %) пациентов. Также в исследовании учитывали непосредственно срок течения эпизода коронавирусной инфекции, таким образом по данным медицинской документации среднее значение срока длительности течения эпизода новой коронавирусной инфекции составил 38 ± 8 суток. Из видов ПКС наиболее распространенными явились: чувство утомляемости и снижение толерантности к физической нагрузке — 128 (100 %) случаев; одышка — 128 (100 %); психоэмоциональные нарушения — 102 (79,7 %); кашель — 103 (80,4 %); болевой синдром (миалгия) — 74 (57,8 %); повышение АД — 70 (54,7 %); диспепсия — (18,2 %); кожный зуд — 7 (5,5 %).

В результате 12-недельного наблюдения за кардиологическими пациентами, страдающими от ПКС, удалось выявить некоторые закономерности между форматом программы реабилитации и клиническим статусом 128 ($n = 100$ %) участников исследования. Стоит добавить, что все пациенты, завершившие клинический этап исследования, достаточно благоприятно перенесли физическую нагрузку на среднем и субмаксимальном уровне. Статистически значимых различий между показателями основного кардиологического заболевания, антропометрии, морфометрии, тяжести и сроков течения эпизода коронавирусной инфекции, степени и вида ПКС, а также функциональным статусом кардиореспираторной системы до начала реабилитации в группах зафиксировать не удалось (табл. 1).

По результатам комплексного анализа кардиореспираторной функции, уровня толерантности к физической нагрузке и степени одышки в группе пациентов, получавших CPR, были выявлены преимущественные результаты в сравнении с PA и контрольной группой.

Толерантность к физической нагрузке

При анализе полученных данных теста 6MWT установлено, что за 12 недель наблюдения в группе CPR дистанция 6-минутной ходьбы в закрытом помещении увеличилась на 29,2 % — с 487,0 м до 688,0 м, а темп ходьбы увеличился с 3,1 км/ч до 4,3 км/ч ($p < 0,001$). У пациентов, получавших PA, и участников контрольной группы дистанция в тесте 6MWT улучшилась на 4,0 % и 0,2 % соответственно ($p < 0,001$).

Таблица 1. Результаты оценки последствий программы 12-недельной реабилитации постковидных осложнений
Table 1. Results of evaluation consequences of the 12-week rehabilitation program for post-COVID

Показатели/период / Indicators/period		Группа / Group			p
		CPR	PA	Control	
6MWT (м), Ме [IQR]	1 сутки / days	487 [451; 532]	490 [451; 537]	489 [452; 533]	0,921
	6 недель / weeks	592 [564; 624]	500 [469; 537]	482 [462; 518]	< 0,001*
	12 недель / weeks	688 [638; 744]	508 [474; 550]	490 [460; 522]	< 0,001*
ЧСС / HR (6MWT) (уд./мин. / bpm), Ме [IQR]	1 сутки / days	122 [116; 127]	123 [119; 128]	122 [115; 124]	0,267
	6 недель / weeks	118 [114; 120]	121 [118; 125]	122 [116; 125]	0,022*
	12 недель / weeks	114 [109; 118]	120 [116; 123]	120 [115; 124]	< 0,001*
ЧСС / HR (уд/мин / bpm), Ме [IQR]; M (SD)	1 сутки / days	87 [78; 92]	84 [80; 88]	86 [78; 90]	0,585
	6 недель / weeks	81 (7)	82 (8)	83 (8)	0,719
	12 недель / weeks	78 (6)	81 (6)	83 (6)	0,004*
ДАД / DBP (6MWT) (мм рт. ст. / mm.Hg), Ме [IQR]; M (SD)	1 сутки / days	100 (6)	100 (6)	100 (6)	0,871
	6 недель / weeks	96 [96; 99]	98 [94; 102]	101 [98; 105]	< 0,001*
	12 недель / weeks	93 [90; 96]	97 [93; 99]	100 [98; 104]	< 0,001*
ДАД / DBP (мм рт. ст. / mm.Hg), Ме [IQR]	1 сутки / days	89 [85; 92]	87 [83; 90]	89 [85; 90]	0,272
	6 недель / weeks	85 [84; 91]	86 [83; 90]	89 [86; 91]	0,028*
	12 недель / weeks	83 [82; 87]	84 [83; 87]	87 [85; 91]	< 0,001*
САД / SBP (6MWT) (мм рт. ст. / mm.Hg), Ме [IQR]	1 сутки / days	152 [150; 162]	156 [150; 161]	160 [150; 167]	0,052
	6 недель / weeks	149 [147; 159]	154 [150; 156]	160 [149; 164]	< 0,001*
	12 недель / weeks	149 [143; 154]	152 [148; 155]	157 [152; 166]	< 0,001*
САД / SBP (мм рт. ст. / mm.Hg), Ме [IQR]	1 сутки / days	140 [134; 142]	143 [138; 147]	144 [139; 148]	< 0,001*
	6 недель / weeks	137 [135; 140]	141 [137; 144]	143 [138; 151]	< 0,001*
	12 недель / weeks	134 [130; 139]	140 [138; 144]	144 [139; 148]	< 0,001*
VO _{2max} (мл/кг/мин / ml/kg/min), Ме [IQR]	1 сутки / days	32,1 [31,2; 33,6]	32,1 [31,5; 34,2]	32,1 [31,1; 33,3]	0,800
	6 недель / weeks	33,5 [32,6; 34,6]	32,4 [31,9; 34,4]	32,7 [31,9; 33,4]	0,012*
	12 недель / weeks	35,8 [34,7; 36,9]	33,2 [32,7; 35,0]	33,0 [32,0; 34,0]	< 0,001*
ФЖЕЛ / FVC (л / l), Ме [IQR]	1 сутки / days	1,9 [1,8; 2,0]	2,0 [1,9; 2,0]	1,9 [1,9; 2,0]	0,268
	6 недель / weeks	2,0 [1,9; 2,1]	2,0 [2,0; 2,1]	2,0 [1,9; 2,0]	0,080
	12 недель / weeks	2,2 [2,1; 2,3]	2,0 [2,0; 2,1]	2,0 [2,0; 2,0]	< 0,001*
ОФВ1 / FEV1 (л / l), Ме [IQR]	1 сутки / days	1,6 [1,5; 1,7]	1,6 [1,5; 1,7]	1,6 [1,5; 1,7]	0,822
	6 недель / weeks	1,7 [1,6; 1,8]	1,7 [1,6; 1,7]	1,6 [1,5; 1,7]	< 0,001*
	12 недель / weeks	1,8 [1,7; 1,9]	1,7 [1,6; 1,7]	1,6 [1,5; 1,7]	< 0,001*
SpO ₂ (%), Ме [IQR]	1 сутки / days	93 [93; 94]	93 [93; 94]	93 [93; 94]	0,972
	6 недель / weeks	96 [96; 97]	95 [94; 95]	94 [94; 95]	< 0,001*
	12 недель / weeks	98 [98; 99]	96 [96; 97]	95 [94; 96]	< 0,001*

Показатели/период / Indicators/period		Группа / Group			p
		CPR	PA	Control	
Индекс Тиффно / Tiffno index (%), Me [IQR]	1 сутки / days	67,2 [65,8; 68,9]	67,3 [66,8; 68,9]	67,4 [66,7; 68,9]	0,809
	6 недель / weeks	68,4 [67,4; 70,0]	68,2 [67,3; 69,4]	67,4 [66,9; 69,2]	0,073
	12 недель / weeks	70,2 [69,5; 71,4]	68,6 [67,6; 70,2]	68,0 [67,0; 69,3]	< 0,001*
mMRC (балл / score), Me [IQR]	1 сутки / days	2,0 [2,0; 3,0]	2,0 [2,0; 2,0]	2,0 [2,0; 3,0]	0,882
	6 недель / weeks	2,0 [1,2; 2,0]	2,0 [2,0; 2,0]	2,0 [2,0; 3,0]	0,307
	12 недель / weeks	1,0 [0,0; 1,0]	1,0 [1,0; 2,0]	2,0 [1,0; 2,0]	< 0,001*

Примечание. Данные в таблице представлены в виде медианы с интерквартильными интервалами Me [IQR], а также стандартного среднеквадратичного отклонения M (SD). В качестве основных методов статистического анализа использованы ковариационный регрессионный анализ по типу ANCOVA, скорректированный с учетом возраста, пола, продолжительности симптомов, индекса массы тела (ИМТ) и исходных показателей, критерий Хи-квадрата Пирсона, критерий Краскела — Уоллиса, а также критерий Фридмана, при этом статистически значимыми различиями показателей считали при $p < 0,05$ (*). 6MWT — нагрузочный тест 6-минутной ходьбы; CPR — Cardiopulmonary Physical Rehabilitation; mMRC — модифицированная шкала степени одышки; PA — Physical-Activity; SpO₂ — периферическая капиллярная оксигенация; VO_{2max} — максимальное потребление кислорода; ДАД — диастолическое артериальное давление в покое; ДАД_{6MWT} — диастолическое артериальное давление в пике, при тесте 6MWT; индекс Тиффно — соотношение ОФВ1 и жизненной емкости легких; ОФВ1 — объем форсированного выдоха за 1 секунду; САД — систолическое артериальное давление в покое; САД_{6MWT} — систолическое артериальное давление в пике, при тесте 6MWT; ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких; ЧСС — частота сердечных сокращений в покое; ЧСС_{6MWT} — частота сердечных сокращений в пике, при тесте 6MWT.

Note. Data in the table are presented in form of median with interquartile ranges Me [IQR], as well as standard deviation M (SD). Main methods of statistical analysis were covariance regression analysis of ANCOVA type, adjusted for age, gender, duration symptoms, body mass index (BMI) and baseline indicators, Pearson Chi-square test, Kruskal-Wallis test, and Friedman test. At the same time, statistically significant differences in indicators were considered at $p < 0.05$ (*). List of abbreviations: 6MWT — 6-Minutes Walk Test; CPR — Cardiopulmonary Physical Rehabilitation; mMRC — modified dyspnea rating scale; PA — Physical-Activity; SpO₂ — peripheral capillary oxygenation; VO_{2max} — maximum oxygen consumption; DBP — diastolic blood pressure at rest; DP_{6MWT} — diastolic blood pressure at peak, during the 6MWT test; Tiffno index — the ratio of FEV1 and vital capacity; FEV1 — forced expiratory volume in 1 second; SBP — resting systolic blood pressure; SBP_{6MWT} — peak systolic blood pressure, during the 6MWT test; FVC — forced vital capacity; HR — resting heart rate; HR_{6MWT} — peak heart rate, during the 6MWT test.

Сердечно-сосудистая функция

Анализ показателей сердечно-сосудистой функции в ответ на физическую нагрузку у кардиологических пациентов с ПКС продемонстрировал взаимосвязь между стартовым нарушением сердечно-сосудистой деятельности и выбором реабилитационных мероприятий, направленных на предотвращение ПКС. При мониторинге пикового пульса в ответ на тест 6MWT через 12 недель после начала реабилитации в группе CPR выявлено снижение ЧСС на 6,5 % — с 122 уд/мин до 114 уд/мин, что, безусловно, говорит о явной удовлетворительной компенсации сердечного выброса в ответ на среднюю и субмаксимальную степень физической нагрузки ($p < 0,001$). Показатель ЧСС при нагрузке у пациентов, получавших PA, и пациентов контрольной группы через 12 недель после начала исследования составил 2,4 % и 1,6 % соответственно. Несмотря на менее выраженные изменения по сравнению с группой CPR, показатели ЧСС при нагрузке имели статистически значимые различия в сравнении с дореабилитационным периодом ($p < 0,001$). Показатели ЧСС в состоянии покоя у участников исследования имели статистически значимые различия через 12 недель после начала реабилитации. В группе CPR отмечен наиболее выраженный компенсаторный эффект, который составил 11,5 % — с 87,0 уд/мин до начала реабилитации и 77,0 уд/мин через 12 недель после начала ($p < 0,001$). В группе PA значения ЧСС в покое снизились

на 4,7 % — с 84,0 уд/мин до 80,0 уд/мин ($p = 0,001$). Контрольная группа пациентов, получавшая рекомендации по физической активности для предотвращения ПКС, имела наименьший эффект, который составил 4,0 %. Так, средние значения ЧСС в покое до начала реабилитации составили 86,5 уд/мин и 80,0 уд/мин через 12 недель после начала реабилитации ($p = 0,001$). Значимые изменения претерпели показатели АД. В ответ на программу кардиореспираторной реабилитации у пациентов из группы CPR было отмечено значимое снижение ДАД при нагрузке, которое составило 7,0 % — со 100 мм рт. ст. до 93 мм рт. ст. через 12 недель после начала реабилитации ПКС ($p < 0,001$). Снижение ДАД во время нагрузки в группе PA за 12 недель реабилитации составило 3,0 % — со 100 мм рт. ст. до 97 мм рт. ст. ($p < 0,001$). В контрольной группе пациентов за 12-недельный период наблюдения выявить различия между показателями ДАД при нагрузке не удалось ($p = 0,625$). Несмотря на существенную разницу в показателях ДАД при нагрузке между участниками исследования в зависимости от группы реабилитации ПКС, значение ДАД в покое имело более выраженное снижение за 12-недельный период наблюдения во всех 3 группах. В группе CPR ДАД снизилось на 6,7 % — с 89 мм рт. ст. до 83 мм рт. ст. ($p < 0,001$). В группе PA эффект от реабилитации в отношении ДАД в покое составил 3,4 % — с 87 мм рт. ст. до 84 мм рт. ст. ($p < 0,001$). В контрольной группе пациентов

было зафиксировано значимое снижение ДАД в покое, которое составило 2,2 % — с 89 мм рт. ст. до 87 мм рт. ст. за 12-недельный период наблюдения ($p = 0,001$). В случаях с анализом показателя САД при нагрузке наиболее выраженные изменения были отмечены у пациентов из группы CPR и составили 149 мм рт. ст., что демонстрирует более высокий результат на 2,7 % в сравнении с показателями до начала реабилитации — 152 мм рт. ст. ($p < 0,001$). В группе PA выявлен лучший эффект, который составил 2,0 % — со 156 мм рт. ст. до 152 мм рт. ст. Наименьшие различия САД при нагрузке были отмечены в контрольной группе, где значение составило 1,8 % — со 160 мм рт. ст. до 157 мм рт. ст. ($p = 0,119$). Анализ показателя САД в покое через 12 недель после начала реабилитации пациентов с ПКС, так же как и в случае с ДАД, при нагрузке имел значимые изменения в группах CPR и PA. Так, у пациентов, получавших программу CPR, улучшения достигли 4,3 % — со 140 мм рт. ст. до 134 мм рт. ст. ($p < 0,001$). В группе PA данный показатель составил 2,1 % — со 143 мм рт. ст. до 140 мм рт. ст. ($p < 0,001$). У пациентов контрольной группы анализ показателя САД при нагрузке не имел значимых изменений за 12-недельный период наблюдения ($p = 0,114$).

Дыхательная функция

При анализе респираторной системы и изменений функции дыхания в ответ на физическую нагрузку, предложенную участникам исследования в рамках программ реабилитации, были выявлены значимые улучшения данных показателей у пациентов из группы PCR. Таким образом, изменения средних значений ФЖЕЛ в группе CPR составили 13,6 % — с 1,9 л до 2,2 л через 12 недель после начала программы CPR ($p < 0,001$). В группе PA показатель ФЖЕЛ улучшился на 0 % относительно средних значений, однако при рассмотрении различий квартильного интервала была зафиксирована статистически значимая разница [IQR: 1,9–2,0 л] — до реабилитации и [2,0–2,1 л] — через 12 недель после начала реабилитации ($p < 0,001$). В группе контроля показатель ФЖЕЛ улучшился на 5,0 % — с 1,9 л до 2,0 л ($p < 0,001$). Данные значений ОФВ1 также различались в зависимости от группы реабилитационного воздействия. У пациентов с ПКС, получавших CPR, реабилитационный эффект достиг 11,1 % — с 1,6 л до 1,8 л ($p < 0,001$). В группе PA эффект от реабилитации относительно показателя ОФВ1 достиг 5,8 % — с 1,6 л до 1,7 л ($p < 0,001$). При анализе ОФВ1 у пациентов из контрольной группы статистически значимых различий в значениях выявлено не было (nan). При анализе отношения ОФВ1 и жизненной емкости легких, которое выражается в индексе Тиффно, была выявлена статистически значимая разница во всех группах через 12 недель после начала реабилитации ПКС. В группе CPR уровень проходимости или воздушности дыхательных путей увеличился на 3,0 % — с 67,2 % до 70,2 % индекса Тиффно ($p < 0,001$). В группе PA индекс Тиффно увеличился на 1,3 % — с 67,3 % до 68,6 % ($p < 0,001$). В контрольной группе пациентов с ПКС данный показатель имел наименьшее значение и составил 0,6 % — с 67,4 % до 68,0 %, что также явилось статистически значимым ($p < 0,001$). Непосредственный показатель физической выносливости пациентов в ответ на физическую нагрузку VO_{2max} через 12 недель после начала реабилитации наиболее выраженно изменился в группе CPR. Увеличение максимального потребления

кислорода отмечали в пределах 10,4 % — с 32,1 мл/кг/мин до 35,8 мл/кг/мин ($p < 0,001$). У пациентов из группы PA показатель VO_{2max} увеличился на 3,3 % — с 32,1 мл/кг/мин до 33,2 мл/кг/мин ($p < 0,001$). Также был зафиксирован прирост показателя VO_{2max} у пациентов контрольной группы через 12 недель после начала программы реабилитации — 2,7 %. Показатели сатурации капиллярной крови у участников исследования через 12 недель после начала реабилитации продемонстрировали преимущество использования программы CPR. Таким образом, в группе пациентов CPR отметили наилучший показатель сатурации, приходящийся на период завершения тренировки, который составил 98,0 %, что на 5,0 % лучше по сравнению с дореабилитационными значениями — 93,0 %. У пациентов, получавших PA, и группы контроля показатели изменения SpO_2 составили 2,0 % и 1,0 % соответственно ($p < 0,001$). И наконец, анализ степени одышки по шкале mMRC через 12 недель после начала реабилитации выявил явное снижение степени одышки у пациентов группы CPR и PA — 1,0 балла в сравнении с 2,0 балла перед началом реабилитации ($p < 0,001$). В контрольной группе значения индекса одышки по шкале mMRC составили 2,0 балла через 12 недель после начала реабилитации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Основным предметом обсуждения данного исследования явились результаты применения программы CPR в качестве инструмента борьбы с последствиями COVID-19 у пациентов кардиологического профиля. Программа CPR, основанная на смешанном типе нагрузки, в значительной степени улучшила как физические, так и кардиореспираторные показатели здоровья участников исследования. Полученные результаты данного исследования коррелируют с некоторыми пилотными исследованиями, посвященными применению реабилитации у пациентов, имеющих нарушение толерантности к физической нагрузке, одышку и другие ПКС [17–19]. Наиболее значимые результаты были зафиксированы со стороны степени одышки и уровня толерантности к физической нагрузке у пациентов, получавших CPR. Так, показатели индекса mMRC в группе CPR составили 1,0 [0,0–1,0] балла в сравнении с 2,0 [1,0–2,0] балла у пациентов группы PA и контрольной группы ($p < 0,05$). Толерантность к физической нагрузке VO_{2max} — на $8,3 \pm 3,8$ % в сравнении с группой PA и группой контроля ($p < 0,05$), что говорит об эффективности назначенных физических упражнений в рамках CPR. Параллельное снижение показателей ЧСС и АД в группе пациентов CPR подтверждает этот вывод и демонстрирует лучшую ($5,0 \pm 2,1$ %) переносимость физической нагрузки после 12-недельной программы реабилитации в сравнении с экспериментальной и контрольной группой. В дополнение полученные в ходе исследования результаты теста 6MWT продемонстрировали значимое влияние 12-недельной программы CPR на физические резервы участников исследования — 688 м против 490 м для участников контрольной группы ($p < 0,05$).

Недавно полученные результаты других исследований позволяют предположить, что наиболее чувствительным показателем эффективности борьбы с ПКС является уровень VO_{2max} , который демонстрирует динамику периферического ограничения экстракции кислорода к тканям. Нарушение оксигенации, в свою очередь, связано как с самим фактом ранее перенесенного COVID-19, так и с длительностью и тя-

жестью течения данного заболевания [20]. Значительное улучшение уровня максимального потребления кислорода в ответ на программу CPR у участников нашего исследования является основным маркером симптоматического нарушения, связанного с одышкой [21–23]. Кроме того, результаты изменения показателя VO_{2max} строго коррелируют с индексом mMRC, что позволяет предположить высокую эффективность использования данных инструментов клинического статуса и спонтанных изменений дыхательной функции и одышки у пациентов с ПКС, однако об этом уже сообщалось ранее [25–27]. Спонтанное улучшение сердечно-сосудистой функции и, как следствие, параметров силового функционирования невозможно без активного вмешательства и использования физической реабилитации. Исходя из наших результатов и данных ранее проведенных исследований эффективности программ реабилитации ПКС, можно сделать вывод о том, что тренировки смешанного типа с включением анаэробных и аэробных упражнений субмаксимальной интенсивности являются достаточно эффективным инструментом борьбы с ПКС в случаях, когда реабилитация отсутствует вовсе [28]. Несмотря на особенности пациентов кардиологического профиля, имеющих ПКС, стоит отметить, что большинство исследований также рекомендуют продолжать прием лекарственных препаратов гипотензивного действия во время реабилитации [29, 30].

Ограничения исследования

Данное исследование представляет собой частичный отчет результатов оценки эффективности использования программы PCR, в дальнейшем планируется осветить: результаты параметров качества жизни, а именно специфического физического и психоэмоционального функционирования; анализ взаимосвязи между эффектом CPR и конкретным видом ПКС. Кроме того, ряд ограничений связан с мерой, используемой для сбора данных, в том числе с ограничением исследуемых показателей при оценке дыхательной функции.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Собирова Гузаль Наимовна, доктор медицинских наук, профессор кафедры реабилитологии, народной медицины и физической культуры, Ташкентская медицинская академия.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1928-3218>

Стефано Масиеро, профессор отдела физической и реабилитационной медицины, Университет Падуи.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0361-4898>

Усманходжаева Адибахон Амирсаидовна, доцент, заведующий кафедрой реабилитологии, народной медицины и физической культуры, Ташкентская медицинская академия.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6124-6803>

Бекчанова Махфуза Рустамовна, преподаватель, Ташкентский международный университет Кимё

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4798-9402>

Демин Никита Алексеевич, младший научный сотрудник, Ташкентская медицинская академия.

E-mail: info@tma.uz; deminnic1@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5260-2121>

Вклад авторов. Авторы данного исследования подтверждают соответствие своего авторства, согласно международ-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программа реабилитации CPR для пациентов кардиологического профиля с постковидными осложнениями показала высокую эффективность и продемонстрировала потенциал в качестве механизма борьбы с одышкой и толерантностью к физической нагрузке. Несмотря на то что пациенты с ПКС имеют схожий клинический статус с пациентами, страдающими от миалгического энцефаломиелимита, синдрома хронической усталости, людьми с физической перетренированностью и постнагрузочным недомоганием, реабилитация ПКС должна иметь сугубо персонифицированную направленность. Это обусловлено коморбидными статусом данной категории пациентов и потенциальных проблем, связанных с переносимостью физической нагрузки в рамках программы реабилитации. В нашем исследовании рассматривали одну из наиболее требовательных в отношении своевременного регулирования групп пациентов, которые страдали от сердечно-сосудистых заболеваний. Как можно судить из дизайна исследования, даже в подгруппе CPR, где над участниками вели постоянное наблюдение, число выбывших во время реабилитации составило 41,6 %. В связи с этим основная задача реабилитации ПКС должна быть сосредоточена на строгом соблюдении контроля клинического статуса посредством тщательного сбора анамнеза, предварительных и последующих диагностических тестах. Это позволит избежать высокой частоты случаев непереносимости физической реабилитации у пациентов с ПКС.

Включение комбинированной кардиореспираторной тренировки в протокол 12-недельной реабилитации ПКС у пациентов кардиологического профиля способствует снижению степени одышки и повышению толерантности к физической нагрузке.

Применение CPR позволило улучшить показатели сердечно-сосудистой и дыхательной функции как по сравнению с до-реабилитационным периодом, так и в сравнении с пациентами, получавшими стандартный протокол физической активности, и пациентами, получавшими рекомендации по самостоятельной реабилитации.

ным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: Собирова Г.Н. — руководитель проекта, написание и редактирование текста статьи, методология исследования; Масиеро С. — курирование научного проекта, научное обоснование исследования; Усманходжаева А.А. — научное обоснование исследования, методология исследования, написание и редактирование текста статьи; Бекчанова М.Р. — верификация данных, проведение этапов исследования, курация данных, написание черновика рукописи; Демин Н.А. — верификация данных, анализ данных, проведение исследования.

Источник финансирования. Данное исследование выполнено в рамках научно-исследовательского гранта № IL-5221091515, Ташкентская медицинская академия, (2023–2025) «Komorbid patologiyasi bo'lgan post-COVID-19 bilan og'riqan bemorlar uchun rehabilitatsiya texnologiyalarini ishlab chiqish» (Разработка реабилитационных технологий больных с post-COVID 19 с коморбидной патологией), Республика Узбекистан.

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

Этическое утверждение. Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Исследование одобрено локальным этическим

комитетом Ташкентской медицинской академии, протокол № 6 от 22.01.2023.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Guzal N. Sobirova, D.Sc. (Med.), Professor of the Rehabilitation, Traditional Medicine and Physical Culture Department, Tashkent Medical Academy.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1928-3218>

Stefano Masiero, Professor of the Physical and Rehabilitation Medicine Department, University of Padua.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0361-4898>

Adibakhon A. Usmankhodjayeva, Associate Professor, Head of the Rehabilitation, Traditional Medicine and Physical Culture Department, Tashkent Medical Academy.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6124-6803>

Makhfuza R. Bekchanova, Teacher, Kimyo international University in Tashkent

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4798-9402>

Nikita A. Demin, Junior Researcher, Tashkent Medical Academy.

E-mail: info@tma.uz, deminic1@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5260-2121>

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:

Sobirova G.N. — project administration; writing and editing; methodology. Masiero S. — supervision; conceptualization. Usmankhodjaeva A.A. — conceptualization; methodology; writing — review and editing. Bekchanova M.R. — validation; investigation; data curation; writing — original draft. Demin N.A. — validation; formal analysis; investigation.

Funding. The study was carried out within the framework of research grant No. IL-5221091515, Tashkent Medical Academy (2023–2025) “Komorbid patologiyasi bo’lgan post-COVID-19 bilan og’rigan bemorlar uchun reabilitatsiya texnologiyalarini ishlab chiqish” (“Development of rehabilitation technologies for patients with Post-COVID 19 with comorbid pathology”), Republic of Uzbekistan.

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

Ethics Approval. The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the 2013 Declaration of Helsinki. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Tashkent Medical Academy, Protocol No 6, 22.01.2023.

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. John Hopkins University & Medicine. John Hopkins Coronavirus Resource Centre — COVID-19 Dashboard. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> (Accessed May 5, 2023)
2. Office for National Statistics. Coronavirus (COVID-19) latest insights: hospitals. <https://clck.ru/3AdrFK> (Accessed May 5, 2023).
3. National Institute of Health and Care Excellence. COVID-19 rapid guideline: managing COVID-19. NICE Guideline (NG191). March 23, 2021. <https://www.nice.org.uk/guidance/NG191> (Accessed May 5, 2023).
4. Peiris J.S., Yuen K.Y., Osterhaus A.D., et al. The severe acute respiratory syndrome. The New England Journal of Medicine. 2003; 349: 2431–2441. <https://doi.org/10.1056/nejmra032498>
5. Huntley C.C., Patel K., Bil Bushra S-E-S., et al. Pulmonary function test and computed tomography features during follow-up after SARS, MERS and COVID-19: a systematic review and metaanalysis. ERJ Open Research. 2022; 8: 00056–2022. <https://doi.org/10.1183/23120541.00056-2022>
6. World Health Organisation. Post COVID-19 condition (long COVID). Dec 7, 2022. <https://clck.ru/3AdrKF> (Accessed May 5, 2023).
7. Stewart I., Jacob J., George P.M., et al. Residual lung abnormalities following COVID-19 hospitalization: interim analysis of the UKILD post-COVID study. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2022; 207: 693–703. <https://doi.org/10.1164/rccm.202203-0564oc>
8. Burgel P-R., Goss C. COVID-19 outcomes in people with cystic fibrosis. Current Opinion in Pulmonary Medicine. 2021; 27: 538–543. <https://doi.org/10.1097/mcp.0000000000000823>
9. Liu S., Cao Y., Du T., et al. Prevalence of comorbid asthma and related outcomes in COVID-19: a systematic review and meta-analysis. The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice. 2021; 9: 693–701. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2020.11.054>
10. Singh S.J., Baldwin M.M., Daynes E., et al. Respiratory sequelae of COVID-19: pulmonary and extrapulmonary origins, and approaches to clinical care and rehabilitation. The Lancet Respiratory Medicine. 2023; 19: S2213-2600(23)00159-5. [https://doi.org/10.1016/s2213-2600\(23\)00159-5](https://doi.org/10.1016/s2213-2600(23)00159-5)
11. Manganotti P., Buoite Stella A., Ajcevic M., et al. Peripheral nerve adaptations to 10 days of horizontal bed rest in healthy young adult males. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2021; 321(3): R495–R503. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00146.2021>
12. Narici M., Vito G., Franchi M., et al. Impact of sedentarism due to the COVID-19 home confinement on neuromuscular, cardiovascular and metabolic health: physiological and pathophysiological implications and recommendations for physical and nutritional countermeasures. European Journal of Sport Science. 2021; 21: 614–35. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1761076>
13. Chippa V., Aleem A., Anjum F. Post-Acute Coronavirus (COVID-19) Syndrome. [Updated 2023 Feb 3]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island: StatPearls Publishing; 2024 Jan. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/nbk570608/>
14. Thabane L., Hopewell S., Lancaster G.A., et al. Methods and processes for development of a CONSORT extension for reporting pilot randomized controlled trials. Pilot and Feasibility Studies. 2016; 2: 25. <https://doi.org/10.1186/s40814-016-0065-z>

15. World Health Organization, «Healthy At Home — Physical activity». <https://clck.ru/3AdrLg> (Accessed March 21, 2024).
16. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2002; 166(1): 111-7. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.166.1.at1102>
17. Mahler D.A., Rosiello R.A., Harver A., et al. Comparison of clinical dyspnea ratings and psychophysical measurements of respiratory sensation in obstructive airway disease. *American Review of Respiratory Disease*. 1987; 135(6): 1229–1233. <https://doi.org/10.1164/arrd.1987.135.6.1229>
18. Sakai T., Hoshino C., Hirao M., et al. Rehabilitation of Patients with Post-COVID-19 Syndrome: A Narrative Review. *Progress in Rehabilitation Medicine*. 2023; 8: 20230017. <https://doi.org/10.2490/prm.20230017>
19. Garg M., Maralakunte M., Garg S., et al. The Conundrum of 'Long-COVID-19': A Narrative Review. *International Journal of General Medicine*. 2021; 14: 2491–2506. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s316708>
20. Marshall-Andon T., Walsh S., Berger-Gillam T., et al. Systematic review of post-COVID-19 syndrome rehabilitation guidelines. *Integrated Healthcare Journal*. 2023; 4(1): e000100. <https://doi.org/10.1136/ihj-2021-000100>
21. Liu K., Zhang W., Yang Y., et al. Respiratory rehabilitation in elderly patients with COVID-19: A randomized controlled study. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. 2020; 39: 101166. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2020.101166>
22. Li J., Xia W., Zhan C., et al. A telerehabilitation programme in post-discharge COVID-19 patients (TERECO): a randomised controlled trial. *BMJ Thorax*. 2022; 77(7): 697–706. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2021-217382>
23. Barbara C., Clavario P., De Marzo V., et al. Effects of exercise rehabilitation in patients with long coronavirus disease 2019. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2022; 29(7): e258–e260. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwac019>
24. McNarry M.A., Berg R.M., Shelley J., et al. Inspiratory muscle training enhances recovery post-COVID-19: a randomised controlled trial. *European Respiratory Journal*. 2022; 60: 2103101. <https://doi.org/10.1183/13993003.03101-2021>
25. Jimeno-Almazán A., Pallarés J.G., Buendía-Romero Á., et al. Post-COVID-19 syndrome and the potential benefits of exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18: 5329. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105329>
26. Nambi G., Abdelbasset W.K., Alrawaili S.M., et al. Comparative effectiveness study of low versus high-intensity aerobic training with resistance training in community-dwelling older men with post-COVID 19 sarcopenia: a randomized controlled trial. *Sage Journals, Clinical Rehabilitation*. 2022; 36: 59–68. <https://doi.org/10.1177/02692155211036956>
27. Abodonya A.M., Abdelbasset W.K., Awad E.A., Elalfy I.E., Salem H.A., Elsayed S.H. Inspiratory muscle training for recovered COVID-19 patients after weaning from mechanical ventilation: A pilot control clinical study. *Medicine (Baltimore)*. 2021; 100(13): e25339. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000025339>
28. Xiong L., Li Q., Cao X., et al. Dynamic changes of functional fitness, antibodies to SARS-CoV-2 and immunological indicators within 1 year after discharge in Chinese health care workers with severe COVID-19: a cohort study. *BMC Medicine*. 2021; 19(1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12916-021-02042-0>
29. Onik G., Patrzyk A., Biedal M., Sieroń K. Evaluation of Complex Rehabilitation in Post-COVID-19 Patients — a Preliminary Report. *Medical Rehabilitation*. 2023; 27(3): 9–20. <http://dx.doi.org/10.5604/01.3001.0053.6107>
30. Tang J., Song T., Kuang M., Feng Y., Liu G., Liu H. Recent Advancements on Long COVID in China: A Narrative Review. *International Journal of General Medicine*. 2023; 16: 2585–2593. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S417692>

Effect of Lung Breather on Hospital Stay in Patients with Acquired Pneumonia: a Randomized Clinical Study

 Amal K. Hassan^{1,*},  Nesreen G. Elnahas¹, Youssef M. Soliman²,  Heba A.M. Ghaleb¹

¹ Faculty of Physical Therapy, Cairo University, Cairo, Egypt

² Faculty of Medicine, Cairo University, Cairo, Egypt

ABSTRACT

INTRODUCTION. Acquired pneumonia is a severe medical condition that is addressed as life-threatening issue requiring intensive care. The Medical Breather device can activate and strengthen both the inspiratory and expiratory muscles, so it can be useful for patients with pneumonia.

AIM. To investigate the breather effect on length of hospital stay in patients with pneumonia.

MATERIALS AND METHODS. Sixty participants diagnosed with acquired pneumonia "30 women, 30 men stayed in hospital in ICU for two weeks; aged 30–40 years old" selected from chest department of Kasr Al-Aini Intensive Care Unit (ICU) at Cairo University. They were randomly allocated into equal groups; Group A received respiratory training via incentive spirometer, and traditional chest physiotherapy; and Group B received respiratory training via Breather, and traditional chest physiotherapy, both received 3 session daily/2 weeks. Diaphragmatic excursion, Respiratory Distress Observation Scale, and ICU discharge were assessed before and after the treatment.

RESULTS. Both groups revealed significant improvement after the treatment, while Breather group showed a high significant increase in pH 1.23 %, PaO₂ 11.79 %, SaO₂ 6.1 %, and diaphragmatic excursion by 36.97 %, also decrease in PaCO₂ 2.78 %, RDOS 39.06 % and NEWS2 by 50.72 % in comparison to incentive spirometer group that recorded significant increase in pH 0.68 %, PaO₂ 6.69 %, SaO₂ by 2.66 %, and diaphragmatic excursions by 8.15 %, also significant decrease in PaCO₂ 12.12 %, RDOS 15.01 % and NEWS2 by 20.93 %. HCO₃ revealed no significant difference post treatment ($p > 0.05$).

DISCUSSION. Breather usage in inspiratory musculatures training (IMT) gained Maximum Inspiratory Pressure (Pimax) significant improvement. IMT enforces both diaphragm and accessory respiratory musculatures. Probably functional capabilities improvements based on enhanced respiratory musculatures' both endurance and strength that improve pulmonary oxygen uptake thus minimize dyspnea severity. Respiratory muscles training program improves not only cognitive function. Moreover, IMT could be addressed as a prime component of respiratory training in combine with expiratory one that is why whom has preserved pulmonary function.

CONCLUSION. Breather as a respiratory training technique has remarkable results in reducing hospital stays in patients with acquired pneumonia, and significant positive effects on diaphragmatic function, oxygenation levels. Therefore, it is recommended to use Breather for routine acquired pneumonia care.

REGISTRATION: Clinicaltrials.gov identifier: No NCT06062862; registered April 30, 2022.

KEYWORDS: incentive spirometry, Breather, acquired pneumonia, chest physiotherapy, breathing exercise, arterial blood gases.

For citation: Hassan A.K., Elnahas N.G., Soliman Y.M., Ghaleb H.A.M. Effect of Lung Breather on Hospital Stay in Patients with Acquired Pneumonia: a Randomized Clinical Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):17-24. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-17-24>

* **For correspondence:** Amal Kamel Hassan, E-mail: amal_magdy51@yahoo.com, hebamousa14@yahoo.com

Received: 31.01.2024

Accepted: 12.04.2024

Published: 15.04.2024

Влияние легочного респиратора на продолжительность стационарного лечения пациентов с приобретенной пневмонией: рандомизированное клиническое исследование

 Хассан А.К.^{1,*},  Эльнахас Н.Г.¹, Солиман Ю.М.²,  Галерб Х.А.М.¹

¹ Факультет физической терапии, Каирский университет, Каир, Египет

² Факультет медицины, Каирский университет, Каир, Египет

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Приобретенная пневмония — это тяжелое заболевание, которое рассматривается как проблема, угрожающая жизни, и требует интенсивной терапии. Медицинский легочный респиратор позволяет активизировать и укрепить как инспираторную, так и экспираторную мускулатуру; таким образом, он может быть полезен для пациентов с пневмонией.

ЦЕЛЬ. Изучить влияние легочного респиратора на продолжительность пребывания в стационаре пациентов с пневмонией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Шестдесят участников с диагнозом «приобретенная пневмония» (30 женщин и 30 мужчин в возрасте 30–40 лет) в течение 2 недель находились в отделении интенсивной терапии. Пациенты были отобраны из фтизиатрического отделения интенсивной терапии медицинского факультета Каср Алайни Каирского университета. Они были распределены на равные группы методом случайного отбора; группа А проходила дыхательную тренировку с помощью стимулирующего спирометра и традиционную физиотерапию грудной клетки; группа В — дыхательную тренировку с легочным респиратором и традиционную физиотерапию грудной клетки. Обе группы проходили по 3 сеанса в день в течение 2 недель. Оценивались диафрагмальная подвижность, шкала оценки респираторного дистресса и данные выписки из отделения интенсивной терапии до и после лечения.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В обеих группах было выявлено значительное улучшение после лечения по сравнению с предшествующим, при этом в группе с использованием легочного респиратора наблюдалось значительное увеличение рН на 1,23 %, PaO₂ — на 11,79 %, SaO₂ — на 6,1 %, диафрагмальной подвижности — на 36,97 %, а также снижение PaCO₂ на 2,78 %, RDOS — на 39,06 % и NEWS2 — на 50,72 % по сравнению с группой, в которой использовались стимулирующие спирометры, где зафиксировано значительное увеличение рН на 0,68 %, PaO₂ — на 6,69 %, SaO₂ — на 2,66 %, диафрагмальной подвижности — на 8,15 %, а также значительное снижение PaCO₂ на 12,12 %, RDOS — на 15,01 % и NEWS2 — на 20,93 %. Показатели HCO₃ после лечения не имели существенных различий ($p > 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ. Использование респиратора при тренировке инспираторной мускулатуры (ТИМ) позволило значительно улучшить максимальное инспираторное давление (P_{imax}). ТИМ укрепляет как диафрагму, так и вспомогательные дыхательные мышцы. Вероятно, улучшение функциональных возможностей основано на повышении выносливости и силы дыхательной мускулатуры, что улучшает поглощение кислорода легкими и уменьшает выраженность одышки. Программа тренировки дыхательных мышц улучшает не только когнитивные функции. Более того, ТИМ можно рассматривать как основной компонент дыхательной тренировки в сочетании с экспираторной, поэтому у них сохраняется легочная функция.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Легочный респиратор как метод тренировки дыхания дает замечательные результаты в плане сокращения сроков пребывания в стационаре пациентов с приобретенной пневмонией и оказывает значительное положительное влияние на функцию диафрагмы и уровень оксигенации. Дыхательный аппарат рекомендуется для планового лечения приобретенной пневмонии.

РЕГИСТРАЦИЯ: Идентификатор Clinicaltrials.gov: No NCT06062862; зарегистрировано 30 апреля 2022 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стимулирующая спирометрия, дыхательный аппарат, приобретенная пневмония, физиотерапия грудной клетки, дыхательные упражнения, газы артериальной крови.

Для цитирования: Hassan A.K., Elnahas N.G., Soliman Y.M., Ghaleb H.A.M. Effect of Lung Breather on Hospital Stay in Patients with Acquired Pneumonia: a Randomized Clinical Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):17-24. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-17-24>

* Для корреспонденции: Amal Kamel Hassan, E-mail: amal_magdy51@yahoo.com, hebamousa14@yahoo.com

Статья получена: 31.01.2024
Статья принята к печати: 12.04.2024
Статья опубликована: 15.04.2024

INTRODUCTION

Clinically, pneumonia is recognized as recent lung infiltrates plus obvious infectious evidence involving fever onset, leukocytosis, purulent sputum, also limited oxygenation. Hospital-acquired pneumonia (HAP), addressed as the 2nd commonest nosocomial “lower respiratory tract” infection resulted in parenchyma inflammation that did not incubate, even with extended clinical ≥ 2 days after hospitalization. Where later form might be addressed as community-acquired pneumonia (CAP), with multiple risk

issues such as aging and specific gender, plus autoimmune and heart diseases those influence leading origin easily defined as an etiology [1]. Acquired pneumonia negatively resulted in inadequate gas exchange that alter oxygenation ($\downarrow$ O₂). Therefore, HAP was classified as a life-threatening disorder that might leads to respiratory arrest, even death if neglected. HAP might be due to Ventilation/perfusion inequality (flow of circulating blood at unventilated lungs), which resulted in diminished arterial PO₂ in respiratory failure, restrictive diseases, and/or ARDS [2].

Mild hypoxemia results in limited physiologic alterations. Recalled arterial O₂ saturation for around 90 % when PO₂ is at 60 mmHg within normal pH. Only alterations were addressed in scope of mental performance, reduced visual acuity, also mild hyperventilation. Quick drop PO₂ arterial to 40–50 mmHg results in overall deleterious influences. First of all, the central nervous system is vulnerable, which is often manifested by somnolence, headaches, even fluctuations in consciousness, also retention of CO₂ leads to even respiratory sever acidosis. Unless the patient develops gradual respiratory failure, he or she may retain bicarbonate in significant amounts, so routine assessment of pH drop is mandatory to prevent exacerbations. Acidemia might recognized due to CO₂ retention with severe hypoxemia that results in liberation of lactic acid leading to metabolic sort, which aggravated in case of altered end-organ perfusion i.e., shock or reduced venous return as a result of elevated intra-thoracic pressure among mechanical ventilated patients [3]. Thus, incentive spirometer aims to get and sustain maximal breathing in that reserve healthy lungs as much as possible.

Clinically, the incentive spirometer permits improving respiratory function in an easy approach. Airflow of visual feedback and volume is a unique advantage for incentive spirometer that gains effective breathing in, easier flow control, also higher enthusiasm to extended practice [4]. Breather is a medical device permits respiration versus resistance, thus accelerates strengthening and activating both components of respiratory musculatures that ensures ventilation support, permitting better cough, safe swallowing, and speech training. In addition, an effective approach to resistive breathing revitalizes the respiratory muscles of the throat and neck [5].

AIM

To investigate breather effect on hospital stay in pneumatic patients.

MATERIALS AND METHODS

Subjects

Sixty patients 30–40 years old, diagnosed with acquired pneumonia (referred diagnosis) stayed in hospital in ICU for two weeks were included in this study. They recruited from chest department of Kasr Al-Aini ICU — Cairo University, conducted this study from April 2022 to 2023. All the patients were carefully examined and referred by their physicians. Demographics tabulated in Table 1. Careful recruitment of participants based on the study criteria by both ICU resident and PT consultant. Identified inclusive criteria included conscious individuals of both sexes aged 30–40 years old with body mass index (BMI) ranged from 25 to 29.9 kg/m² had an acquired pneumonia with a mild hypoxemia (O₂ saturation was 90–95 %). Conscious participants who co-operated through clear understanding and adherence to instructions. Excluding patients through identified inclusive criteria that if they had a history of any malignant tumors, hearing impairment or mental disorder, auto-immune diseases, a history of any surgical transplantation, unstable hemodynamics, rib fracture, a history of neuromuscular disease, spinal injuries, or BMI > 30 kg/m². Also, patients receiving mechanical ventilation, or whom require MV, but contraindicated for rehabilitation i.e., pulmonary emboli were excluded.

Ethical considerations and design: approval for this study by Faculty of physical therapy ethical committee, Cairo University, Egypt (No. P.T.REC/012/003760). The signed informed consent was obtained from all the participants who were allocated randomly into two equal groups; Group A, and B via envelope method by a blinded physical therapist.

PROCEDURES

Evaluation

Demographic recording sheet for each participant including name, address, age, weight, height, and BMI, were collected. Measures of SaO₂, HR, arrhythmias, and blood pressure were taken for monitoring patients. All participants were asked to report any harms across study protocol.

Procedures of the Study

A brief history was first collected, any chronic respiratory disease, musculoskeletal conditions such as kyphosis, neurological conditions that may affect the respiratory musculature such as NMD, and active or significant haemoptysis that may interfere with the study were excluded. Full clinical and physical examinations were conducted i.e., vital signs and O₂ saturation per session, thus exclude clinical features those could interfere with our study. Safety issues via monitoring HR and blood pressure applied and in case must terminate treating session i.e., HR > 140 or < 60 b/m, or BP > 140/90 or < 90/60 mmHg), also request accurate reporting of any adverse events during this study. Instructed all participants not have a heavy meal 2 hours before any session.

Measurement method: measuring the variables of assessment and the outcomes.

The Blood gas analyzer (ABGs): have been conducted for all pre and post treatment. Sample was taken from the radial artery to measure the following parameters [6]: 7.35–7.45 pH, 35–45 mmHg PaCO₂, 22–28 meq/L HCO₃, and 95–100 % SaO₂.

Diaphragmatic excursion also was measured diaphragmatic movement for each subject by using the Diaphragmatic ultrasound at 3.5–5 MHz probe that aimed at midclavicular line under rib cage aiming posterior 3rd of hemi diaphragm. Normal healthy non-ventilated values differ between genders (18 ± 3 for men and 16 ± 3 mm for women, respectively), same as baseline values in mechanically ventilated individuals. Could address diaphragm dysfunction as < 10 mm excursion, even negative values or paradoxical motion as weaning failure predictors [7].

Respiratory distress observation scale (RDOS) for evaluate severity and discomfort experienced by patients who are unable to communicate their dyspnea levels during monitoring for palliative sedation therapy [8]. The following instructions were to be followed when using the RDOS: a) record the respiratory and heart rates for a complete minute; b) grunting sounds can be detected with or without auscultation; c) a RDOS score of less than 3 indicates that the patient is breathing comfortably; d) a RDOS value ≥ 3 means respiratory distress that require palliative measures, and e) higher RDOS scores indicate a worsening of the patient's condition.

The National Early Warning Score 2 (NEWS2) scoring system for evaluating hospital discharge. It measures six physiological items; respiration and pulse rates, O2 saturation, systolic blood pressure, consciousness level or recent onset confusion, also temperature [9]. Each parameter is given a score of 0, 1, 2, or 3, elevated values indicate that is far away from normal values. Proper clinical reacts were addressed for triggers that advised globally. The following were the recommended responses for different NEWS2 aggregate scores: a) Low risk (aggregate score of 1–4). The ward nurse should promptly assess patient to determine if there is a need for a change in clinical care escalation or monitoring frequencies; b) Low to moderate “3 in a single item” risk. Ward-based physician must check case to address cause and decide if there is a need for a change in clinical care escalation or monitoring frequencies; c) Moderate risk (aggregate score of 5–6). Ward-based or urgent nurse/physician should urgently review patient to determine if there is a need for escalation to critical team of care; d) Maximum risk (≥ 7 value). Critical team of care should perform an emergency assessment, often advice transfer case to a higher dependency unit, and e) a NEWS2 ≥ 0 i.e., no change, it means that the check should be done at least twice a day.

Therapeutic Procedures

The preparation and positioning instructions for patients were: loosen any tight or binding clothing, particularly around the neck area, ensure comforted patient positioning, and explain treatment clearly and concisely.

The Incentive Spirometer for Group A

The respiratory muscle training (RMT) program had the following parameters: duration: 20 minutes per session, intensity: clinical adjustment of training intensity based on actual participants' status across session time, holding time, and repetitions, frequency: 30 per set, with each is 5–6 times [10]. The procedure for the RMT program was as follows: a deep slow inspiration while lips fitted around mouthpiece. Visual feedback was provided to the patient, such as a ball rising to a preset marker, to motivate them during the exercise. The patient was instructed to get the planned flow at the preset amount. The patient was asked to maintain breathing in for 2–3 seconds. These guidelines should be followed during RMT [11].

The Breather Respiratory Muscle Trainer Device for Group B

Utilizing a pre-session checklist can improve the success rate of using the breather for RMT. The following items should be included in the checklist: check the patient's posture, ensuring that they are in a comfortable crook lying or sitting position, initial easiest resistances by manipulating both dials to one, ensure the patient is using the diaphragmatic breathing technique, as this is crucial for the proper use of the breather, and make sure that the patient secures lips on mouthpiece [5].

Training Procedures

Use a nasal clip during training. The optimal technique was to take a rapid inhale, pause slightly, and then exhale forcefully. After exhaling slowly through pursed lips, seek

deep inspiration, even enforced for about 2–3 seconds. Observe the patient's stomach, rib cage, and neck muscles during inhalation against resistance. Make sure upper chest and shoulders are relaxed. Sustain for a bit of second. Forced expiration along 2–3 seconds without puffing cheeks out. The inhale settings can be adjusted from 1 easier to 6 hardest. Such expiration can be adjusted from 1–5, with 1 being the easiest and 5 being the hardest. Complete 2 sets of 10 breaths, three sessions per day, for 2 weeks. When using the breather trainer, it is important to consider certain precautions to ensure proper use: patients should be informed that accepted approach only through expanding and contracting abdomen. When inhaling, supposed abdomen be pushed out, no extra chest inflation or heave up/down shoulders. Patients should be instructed regarding expiration; abdomen is supposed to automatically deflate and relax.

Participants conducted abdominal approach even in front of a mirror to ensure minimal expanding chest than abdomen. Such natural respiration, ensure not to expand chest than abdomen as it addressed an abnormal breathing maneuver. Following these precautions can help ensure that the breather trainer is used properly and effectively for RMT. The following is a protocol for using the breather for RMT.

Train and explain to the patient how to properly use the breather. Instruct the patient to sit upright and hold the mouthpiece between their lips without clenching it using their teeth to avoid tension on the jaw. Seek patient to breathe via mouthpiece in diaphragmatic maneuver, not through the nose. The patient should start by inhaling forcefully for 2–3 seconds, pause, exhale forcefully for 2–3 seconds and pause again. Instruct the patient to attempt to complete breaths in a row (inhale/exhale). If the patient feels light-headedness, they should stop and take a break. This is normal and expected when first beginning training. Repeat the rhythm to complete a set. Each set was 10 times (breathing cycle), followed by a 1–2-minute rest, then another set conducted. Increase resistance by increasing either/both inhale and exhale dials once 10 breaths per set become easy. Patients may notice positive benefits after a week of use. Aim to complete RMT sessions with effort in the zone, which is the orange section of steps 5–7, representing 50–70 % of maximum effort. Listen for a strong “wind” sound for inhale and exhale to indicate doing RMT with effort in the zone. Use The Breather effort scale to rate the patient's effort during training sessions. The scale ranges from 0–10, with the following categories: 0–4 — the patient can carry on a conversation with little to no breathlessness, indicating little benefit from RMT; 5–7 — the patient is in the zone and can take part in a conversation but breathes heavily. Speaking is limited to 1–2 sentences with heavy breathing, and breathing is heavy and speaking in broken sentences; 8–10 — the patient is breathing heavily, using short words or is unable to speak, and gasping for air. Following the given protocol, patients can effectively utilize the breather for respiratory muscle training, leading to potential benefits for their respiratory health.

Traditional chest physiotherapy in form of diaphragmatic, segmental costal, basal breathing, percussion and suction, even vibration for all participants in both groups conducted 3 times/day, along double weeks.

Deep Breathing Exercise

a. Diaphragmatic Breathing Exercise

Diaphragmatic breathing conducted through comfortable relaxed position that permit diaphragm assisted by gravity. Semi-Fowler's with forearms relaxed and knees bended, and place therapist's hand on patient's upper abdomen, just below the xiphoid. Then ask patient to breathe in deep slowly through nose with relaxed shoulders via ensuring quiet patient's upper chest, thus patient's abdomen slightly rise. Patient sustained relaxed, then slow exhale through the mouth. The exercise should be repeated three or four times, followed by a rest period. Once the patient has developed an understanding of and control over their breathing in various positions (such as sitting or standing) and during activities (such as walking or climbing stairs), they can move on to other breathing exercises.

b. Localized Breathing Exercise

Localized breathing exercises are recommended after the patient has developed an understanding of diaphragmatic breathing. Targeted posterior and lateral lower segmental breathing enhancement through costal expansion training, which can be performed unilaterally or bilaterally. To perform this exercise, the hooked patient moves to a sitting position. From laterally therapist's hands directing patient's lower ribs to where movement directed. Light manual resistance should be applied to improve patient's awareness through deep breathing and chest expands through flaring ribs. While, expiration, therapist slightly squeeze patient's rib cage in an inward and downward in assistive manner. Later, seek this maneuver independently using patient's own hands exerting resistance via belt or a towel.

c. Posterior Basal Expansion

An emphasis on posterior basal expansion in combine with deep breathing is especially important for patients with acquired pneumonia whom sustained in a semi-reclining posture that often led to additional secretion at posterior lung segments. To perform exercise, initially patient lean forward over pillow in sitting position with hips bended. From behind therapist's hands be over patients' lower ribs then conduct as lateral costal expanding protocol. That will help patient to improve their breathing and clear any secretions that might have accumulated in posterior segment of lower ribs.

Statistical Analysis

Statistical analysis through Unpaired t-test for between groups age comparison, and Chi-squared test for gender distribution analysis. Data normal distribution had been checked via Shapiro-Wilk test. Variance homogeneity analysis using Levene's test between groups. Two-way mixed MANOVA was conducted either within and between groups for time and treatment effects on pH, PaCO₂, PaO₂, oxygen saturation, HCO₃, diaphragmatic excursion, RDOS and NEWS2. Bonferroni corrections were performed for later multiple comparisons. $p < 0.05$ was addressed as significance level while using version 25 statistical package for social studies (SPSS) for windows (IBM SPSS, Chicago, IL, USA).

RESULTS

Demographics: no significant difference was revealed ($p > 0.05$) in mean age values ($p = 0.78$), sex ($p = 0.79$) in both groups (Table 1).

Table 1. Comparison demographics between both groups

Parameter	Group A	Group B	Statistics	p-value
Age (years)	35.26 ± 3.32	35.03 ± 3.12	t = 0.28	0.78
Sex				
Female	12 (40 %)	13 (43 %)	(χ ² = 0.06)	0.79
Male	18 (60 %)	17 (57 %)		

Note: p-value — level of significance; SD — standard deviation; t — unpaired t value; χ² — Chi-squared value.

Treatment effect on pH, PaCO₂, PaO₂, O₂ saturation, HCO₃, diaphragmatic excursion, RDOS, and NEWS2: two-way mixed MANOVA revealed a significant of treatment and time interaction ($F = 61.02, p < 0.001$). Also, a significant main time effect ($F = 310.64, p < 0.001$). As well, a significant main treatment effect ($F = 4.75, p < 0.001$).

Within groups compare a significant increase in pH, PaO₂, SaO₂ and diaphragmatic excursion of both groups post treatment in compare with pretreatment ($p < 0.001$). Also, a significant decrease in PaCO₂, HCO₃, and RDOS and NEWS2 of both groups post treatment compared with pretreatment ($p < 0.001$).

Revealed improving percentages in of pH, PaCO₂, PaO₂, SaO₂, HCO₃, diaphragmatic excursion, RDOS and NEWS2 of Group A were 0.68, 5.87, 6.69, 2.66, 2.92, 8.15, 1.66, and 20.83 %, respectively; while in Group B were 1.23, 22.78, 11.79, 6.1, 2.76, 36.97, 39.06, and 50.72 %, respectively (Table 2 and Table 3).

Between group compare no significant difference between groups at baseline of the trial ($p > 0.05$) was observed. Also, a significant increase in pH, PaO₂, SaO₂ and diaphragmatic excursion of Group B in compare with Group A post treatment ($p < 0.05$) was recorded. As well, a significant decrease in PaCO₂, RDOS and NEWS2 of Group B in compare with Group A post treatment ($p < 0.01$) was shown. Finally, no significant difference in HCO₃ between both groups post treatment ($p > 0.05$) was demonstrated in Table 2 and Table 3.

DISCUSSION

This study main findings are reporting a significant pH, PaO₂, SaO₂, also diaphragmatic excursion increases in both groups by the end of the study protocol with improving percentage in Group B were 1.23, 11.79, 6.1, and 36.97 %, respectively; while in Group A were 0.68, 6.69, 2.66, as well 8.15 %, respectively, which reveals a significant difference between groups, unless HCO₃ shows no significant differences. Also, PaCO₂, RDOS, and NEWS reveals significant decrease in both groups with improvement percentage in Group B were 22.78, 39.06, and 50.72 %, respectively while t in Group A were 12.12, 15.01, and 20.83 %, respectively.

Table 2. Mean pre and post treatment pH, PaCO₂, PaO₂, O₂ saturation and HCO₃ of both groups

Parameter	Group A	Group B	MD	p-value
	Mean ± SD	Mean ± SD		
pH				
Pre-treatment	7.33 ± 0.01	7.32 ± 0.02	0.01	0.81
Post-treatment	7.38 ± 0.02	7.41 ± 0.03	−0.04	0.001
MD	−0.05	−0.09		
% of change	0.68	1.23		
	p = 0.001	p = 0.001		
PaCO ₂ (mmHg)				
Pre-treatment	48.43 ± 2.02	48.90 ± 2.85	−0.47	0.46
Post-treatment	80.26 ± 5.77	85.63 ± 7.16	−5.37	0.002
MD	−5.03	−9.03		
% of change	6.69	11.79		
	p = 0.001	p = 0.001		
PaO ₂ (mmHg)				
Pre-treatment	75.23 ± 7.61	76.60 ± 9.69	−1.37	0.54
Post-treatment	80.26 ± 5.77	85.63 ± 7.16	−5.37	0.002
MD	−2.44	−5.53		
% of change	6.69	11.79		
	p = 0.001	p = 0.001		
SaO ₂ (%)				
Pre-treatment	91.63 ± 3.37	90 ± 3.17	0.93	0.27
Post-treatment	94.07 ± 3.02	96.23 ± 2.06	−2.16	0.002
MD	−2.44	−5.53		
% of change	2.66	6.1		
	p = 0.001	p = 0.001		
HCO ₃ (mEa/L)				
Pre-treatment	23.67 ± 1.29	1.34 ± 23.90	−0.23	0.47
Post-treatment	94.36 ± 0.88	24.56 ± 0.81	−0.2	0.36
MD	−0.69	−0.66		
% of change	2.92	2.76		
	p = 0.001	p = 0.001		

Note: MD — mean difference; p-value — probability value; SD — standard deviation.

ХАССАН А.К. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Table 3. Mean pre and post treatment diaphragmatic excursion, RDOS and NEWS2 of both groups

Parameter	Group A	Group B	MD	p-value
	Mean ± SD	Mean ± SD		
Diaphragmatic excursion (cm)				
Pre-treatment	1.84 ± 0.40	1.65 ± 0.46	0.19	0.11
Post-treatment	1.99 ± 0.39	2.26 ± 0.48	−0.27	0.02
MD	−0.15	−0.61		
% of change	8.15	36.97		
	p = 0.001	p = 0.001		
RDOS				
Pre-treatment	11.06 ± 1.72	11.70 ± 2.05	−0.64	0.42
Post-treatment	9.4 ± 1.27	7.13 ± 1.40	−0.64	0.001
MD	1.66	4.57		
% of change	15.01	39.06		
	p = 0.001	p = 0.001		
NEWS				
Pre-treatment	6.53 ± 1.22	6.96 ± 1.15	−0.43	0.16
Post-treatment	5.17 ± 1.11	3.43 ± 1.16	1.74	0.001
MD	1.36	3.53		
% of change	20.83	50.72		
	p = 0.001	p = 0.001		

Note: MD — mean difference; p-value — probability value; SD — standard deviation.

Shaikh et al. [12] reported findings agreed with ours, as they stated that Breather usage in inspiratory musculatures training (IMT) gained Maximum Inspiratory Pressure (Pimax) significant improvement, also 6-Minute Walk Distance (6MWD) has ensuring remarkable inspiratory musculatures' improved strength reflected in Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) participants' functional capabilities.

In accordance with the results obtained, Al-Najjar et al. [13] recently reported that BMI using the Breather device after mastectomy offers clear benefits, mainly when added to a conventional physiotherapy program, maximizing the improvement in ventilatory function.

Parallel with our findings, Elkins & Dentice [14] had offered an explanation for ventilatory functions improvement based on patient's improved breathing pattern of breathing due to respiratory musculatures enhanced endurance and strength, as IMT enforces both diaphragm and accessory respiratory musculatures as a therapeutic approach to improve overall pulmonary function, particularly tidal volume. Elkins & Dentice reported functional capabilities improvements based on enhanced respiratory musculatures' both endurance and strength that improve pulmonary oxygen uptake thus minimize dyspnea severity.

In line with our findings, Turner et al. [15] has ensured that IMT results in stronger respiratory musculatures, and better training performance mainly in whom suffering from inspiratory musculatures weakness manifested by limited training tolerance.

Cheng et al. [16] agreed with our findings as they reported that respiratory muscles training program along eight weeks improved not only cognitive function, ensured by better COPD assessment test values, modified Medical Research Council dyspnea scale values, also male diaphragmatic thickness, as well COPD non-obese with mild cognitive deficits. Moreover, IMT could be addressed as a prime component of respiratory training in combine with expiratory one that is why whom has preserved pulmonary function (FEV1 ≥ 30 %) has obviously diaphragmatic thickness fraction increase post both training for inspiratory and expiratory components of respiratory rehabilitation.

It was found by Shaikh et al. [12] clinical trial that therapeutic Breather permit valuable lungs training through respiratory active components through muscular strengthens thus facilitate appropriate, even efficient breathing. In addition, adding IMT to routine regimes is advised in cardiorespiratory patients in order to maximize oxygen uptake that results in improving maximal inspiratory pressure, ventilation and required performance.

CONCLUSION

It could be concluded that Group B is superior and has more beneficial effects than Group A. Breather gained benefits on respiratory musculatures training in acquired pneumatic patients' hospital stays are obvious, as well it maximized through added to conventional

physical therapy chest protocol mainly on diaphragmatic functionally components, oxygenation, respiratory distress observations and discharge from ICU for these patients. Moreover, the Breather should be recommended to be part of management for patients with acquired pneumonia.

ADDITIONAL INFORMATION

Amal K. Hassan, M.Sci., Physical therapist, Al-Kasr Al-Aini, Cairo University.

E-mail: amal_magdy51@yahoo.com, hebamousa14@yahoo.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4624-3880>

Nesreen G. Elnahas, Ph.D. (Med.), Professor of Physical Therapy, Cardiovascular/Respiratory Disorder and Geriatrics, Physical Therapy Faculty, Cairo University.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0993-5039>

Youssef M. Soliman, Ph.D., Professor of Pulmonology, Faculty of Medicine, Cairo University.

Heba A.M. Ghaleb, Ph.D., Lecturer of Physical Therapy, Cardiovascular/Respiratory Disorder and Geriatrics, Physical Therapy Faculty, Cairo University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9243-2059>

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: Amal

K. Hassan — methodology, investigation, writing — review& editing; Nesreen G. Elnahas — investigation, data analysis, writing; Youssef M.A. Soliman — verification of critical content, scientific revision of the text of the manuscript and editing; Heba A.M. Ghaleb — concept, discussion, conclusions, participation in the approval of the final version of the paper.

Funding. This clinical 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 authors of this clinical study received local ethical clearance (Physiotherapy-Faculty Board at Cairo University, the permission number P.T.REC/012/003760).

Data Access Statement. Data supporting the findings of this study are publicly available. Registration: Clinicaltrials.gov, No NCT06062862; registered April 30, 2022.

References

- Bolboli Zade P. et al. A Literature Review on Hospital-Acquired Pneumonia, Community-Acquired Pneumonia, and Ventilator-Associated Pneumonia. *Gene Cell Tissue*. 2022; 9(2): e116869. <https://doi.org/10.5812/gct.116869>
- Summers C., Todd R.S., Vercruysse G.A., Moore F.A. Acute Respiratory Failure. *Perioperative Medicine (Second Edition)*. 2022: 576–586. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-56724-4.00039-3>
- Adler D., Janssens J.P. The pathophysiology of respiratory failure: Control of breathing, respiratory load, and muscle capacity. *Respiration*. 2019; 97(2): 93–104. <https://doi.org/10.1159/000494063>
- Aliasgharpour M., Arazi T., Mohammadi S., et al. Effect of Incentive Spirometry on Pulmonary Function Tests in Patients Undergoing Hemodialysis: A Randomized Clinical Trials. *Iranian Rehabilitation Journal*. 2018; 16(3): 265–270. <https://doi.org/10.32598/irj.16.3.265>
- Xu W., Li R., Guan L., et al. Combination of inspiratory and expiratory muscle training in same respiratory cycle versus different cycles in COPD patients: a randomized trial. *Respiratory Research*. 2018; (19): 225. <https://doi.org/10.1186/s12931-018-0917-6>
- Gray S. Blood Gas Analysis. *Advanced Monitoring and Procedures for Small Animal Emergency and Critical Care*, Second Ed. 2023: 339–346. <https://doi.org/10.1002/9781119581154.ch26>
- Schepens T., Fard S., Goligher E.C. Assessing Diaphragmatic Function. *Respiratory Care*. 2020; (65): 807–819. <https://doi.org/10.4187/respcare.07410>
- Campbell M.L., Kero K.K., Templin T.N. Mild, moderate, and severe intensity cut-points for the Respiratory Distress Observation Scale. *Heart & Lung*. 2017; 46(1): 14–17. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2016.06.008>
- Kostakis I., Smith G.B., Prytherch D., et al. The performance of the National Early Warning Score and National Early Warning Score 2 in hospitalized patients infected by the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2). *Resuscitation*. 2021; (159): 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.10.039>
- Aboelmagd F., Ismail S.M. Impact of inspiratory muscle training on diaphragmatic mobility and arterial blood gases in patients undergoing haemodialysis. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*. 2021; (28). <https://doi.org/10.12968/ijtr.2020.0030>
- Guimaraes M.M.F., Atallah A.N., El Dib R. Incentive spirometer for prevention of postoperative pulmonary complications in upper abdominal surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2006; (2): CD006058. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006058>
- Shaikh S., Vardhan V., Gunjal S., Mahajan A., Lamuel M. Effect of Inspiratory Muscle Training by Using Breather Device in Participants with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). *International Journal of Health Sciences and Research*. 2019; 9(4): 68–75.
- Al-Najar K.M., Ibraheem M.H., Zaki R.M., et al. Effect of respiratory muscle training on ventilatory function in women post mastectomy. *International Journal of Health Sciences*. 2022; 6(59): 3205–3213. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6n59.13268>
- Elkins M., Dentice R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*. 2015; 61(3): 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2015.05.016>
- Turner L.A., Mickleborough T.D., McConnell A.K., et al. Effect of inspiratory muscle training on exercise tolerance in asthmatic individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2011; 43(11): 2031–2038. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821f4090>
- Cheng Y.-Y., Lin S.-Y., Hsu C.-Y., Fu P.-K. Respiratory Muscle Training Can Improve Cognition, Lung Function, and Diaphragmatic Thickness Fraction in Male and Non-Obese Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Prospective Study. *Journal of Personalized Medicine*. 2022; 12(3): 475. <https://doi.org/10.3390/jpm12030475>

Коллагеновый гидрогель защищает эпителиальные клетки кишечника от индометацин-индуцированного повреждения: результаты эксперимента in vitro

 Марков П.А.^{1,*},  Соколов А.С.²,  Артемьева И.А.²,  Гильмутдинова И.Р.¹,
 Фесюн А.Д.¹,  Еремин П.С.¹

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

² ООО «ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Индометацин представляет собой производное индолуксусной кислоты и обладает противовоспалительным, анальгезирующим и жаропонижающим действием. Однако результаты многочисленных исследований показывают, что индометацин, как и многие другие нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП), оказывают ингибирующее действие на жизнеспособность и функциональную активность энтероцитов. В связи с этим остается актуальным поиск новых способов снижения тяжести побочных эффектов от применения НПВП. Одним из таких подходов может быть обогащение рациона питания пациентов немедикаментозными биологически активными соединениями, в том числе белками. Однако действие пищевых белков и биологически активных пептидов на НПВП-индуцированное повреждение стенки тонкой кишки и желудка изучено недостаточно.

ЦЕЛЬ. Оценить способность коллагенсодержащей пищевой добавки защищать клетки эпителия двенадцатиперстной кишки человека (линия HuTu-80) от индометацин-индуцированного повреждения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Композитный коллагенсодержащий гидрогель был предоставлен компанией ООО «ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН» (Россия) и является зарегистрированной пищевой биологически активной добавкой. В работе использовали коммерческую культуру клеток фибробластов кожи человека и клетки эпителия двенадцатиперстной кишки человека (линия HuTu-80). С использованием методов световой и люминесцентной микроскопии и методов проточной цитометрии оценивали жизнеспособность клеток кишечника и фибробластов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Установлено, что индометацин ингибирует рост клеток, вызывает апоптоз и гибель энтероцитов, а также приводит к накоплению клеток в S-фазе, что говорит о нарушении в регуляции клеточного цикла. Выявлено, что коллагеновый гидрогель предотвращает гибель клеток, вызванную индометацином, снижает количество апоптотических клеток в популяции. Защитное действие коллагенового гидрогеля характеризуется нормализацией клеточного цикла энтероцитов и восстановлением их роста и пролиферативной активности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Таким образом, коллагеновый гидрогель в условиях in vitro способен снижать патогенное действие индометацина на эпителиальные клетки кишечника человека. Защитное действие коллагенового гидрогеля характеризуется сохранением жизнеспособности, ингибированием апоптотических процессов, а также сохранением стабильности клеточного цикла. Полученные результаты говорят о перспективности использования пищевой добавки на основе композитного коллагенового гидрогеля в качестве профилактического средства для снижения рисков возникновения НПВП-ассоциированных заболеваний желудочно-кишечного тракта. Тем не менее для подтверждения терапевтической эффективности пищевой добавки необходимо проведение дальнейших исследований, как с использованием моделирования на экспериментальных животных НПВП-ассоциированных заболеваний желудочно-кишечного тракта человека, так и клинических исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коллагеновый гидрогель, нестероидные противовоспалительные препараты, энтероциты, HuTu-80, апоптоз, клеточный цикл.

Для цитирования / For citation: Марков П.А., Соколов А.С., Артемьева И.А., Гильмутдинова И.Р., Фесюн А.Д., Еремин П.С. Коллагеновый гидрогель защищает эпителиальные клетки кишечника от индометацин-индуцированного повреждения: результаты эксперимента in vitro. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(2):25-33. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-25-33> [Markov P.A., Sokolov A.S., Artemyeva I.A., Gilmudtinova I.R., Fesyun A.D., Eremin P.S. Collagen Hydrogel Protects Intestinal Epithelial Cells From Indomethacin-Induced Damage: Results of an in vitro Experiment. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):25-33. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-25-33> (In Russ.).]

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

Статья получена: 01.03.2024
Статья принята к печати: 08.04.2024
Статья опубликована: 15.04.2024

Collagen Hydrogel Protects Intestinal Epithelial Cells From Indomethacin-Induced Damage: Results of an in vitro Experiment

 Pavel A. Markov^{1,*},  Andrey S. Sokolov²,  Irina A. Artemyeva²,  Ilmira R. Gilmutdinova¹,
 Anatoliy D. Fesyun¹,  Petr S. Eremin¹

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

²FIRST ALIVE COLLAGEN Limited Liability Company, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Indomethacin is a derivative of indoleacetic acid and has anti-inflammatory, analgesic and antipyretic effects. However, the results of numerous studies show that indomethacin, like many other nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs), have an inhibitory effect on the viability and functional activity of enterocytes. In this regard, the search for new ways to reduce the severity of side effects from the use of NSAIDs remains relevant. One of these approaches may be to enrich patients' diets with non-drug biologically active compounds, including proteins. However, the effect of dietary proteins and biologically active peptides on NSAID-induced damage to the wall of the small intestine and stomach has not been sufficiently studied.

AIM. To evaluate the ability of a collagen-containing dietary supplement to protect human duodenal epithelial cells (HuTu-80 line) from indomethacin-induced damage.

MATERIALS AND METHODS. The composite collagen-containing hydrogel was provided by «FIRST ALIVE COLLAGEN» LLC (Russia) and is a registered dietary supplement. The work used a commercial culture of human skin fibroblast cells and human duodenal epithelial cells (line HuTu-80). The viability of intestinal cells and fibroblasts was assessed using light and fluorescence microscopy and flow cytometry methods.

RESULTS AND DISCUSSION. It has been established that indomethacin inhibits cell growth, causes apoptosis and death of enterocytes, and also leads to the accumulation of cells in the S-phase, which indicates a disruption in the regulation of the cell cycle. It was revealed that collagen hydrogel prevents cell death caused by indomethacin and reduces the number of apoptotic cells in the population. The protective effect of collagen hydrogel is characterized by normalization of the cell cycle of enterocytes and restoration of their growth and proliferative activity.

CONCLUSION. Thus, collagen hydrogel, in vitro, is able to reduce the pathogenic effect of indomethacin on human intestinal epithelial cells. The protective effect of collagen hydrogel is characterized by maintaining viability, inhibiting apoptotic processes, and maintaining cell cycle stability. The results obtained indicate the prospects of using a dietary supplement based on a composite collagen hydrogel as a prophylactic agent to reduce the risk of NSAID-associated gastrointestinal diseases. However, to confirm the therapeutic effectiveness of the dietary supplement, further research is necessary, both using experimental animal modeling of NSAID-associated diseases of the human gastrointestinal tract, and clinical studies.

KEYWORDS: collagen hydrogel, non-steroidal anti-inflammatory drugs, enterocytes, HuTu-80, apoptosis, cell cycle.

For citation: Markov P.A., Sokolov A.S., Artemyeva I.A., Gilmutdinova I.R., Fesyun A.D., Eremin P.S. Collagen Hydrogel Protects Intestinal Epithelial Cells From Indomethacin-Induced Damage: Results of an in vitro Experiment. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):25-33. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-25-33> (In Russ.).

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

Received: 01.03.2024

Accepted: 08.04.2024

Published: 15.04.2024

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) являются одними из самых популярных безрецептурных препаратов во всем мире, составляя около 5 % всех назначаемых лекарств [1]. Несмотря на широкое терапевтическое применение, НПВП обладают многочисленными побочными эффектами, наиболее распространенные из которых — воспалительные и язвенные заболевания желудочно-кишечного тракта [2, 3].

Эрозивно-язвенное действие НПВП связывают с ингибированием активности циклооксигеназ (ЦОГ-1, ЦОГ-2) и уменьшением синтеза гастропротекторных факторов (простагландина PGE2 и простаглицина PGI2). Кроме того, НПВП могут вызывать гибель клеток кишечника посредством дисфункции митохондрий эн-

тероцитов и последующей индукции окислительного стресса [4].

Предлагаемые стратегии снижения побочных эффектов НПВП, как, например, повышение селективности действия [2, 3, 5], использование новых лекарственных форм [6, 7], а также комбинированного использования совместно с препаратами, снижающими секреторную активность париетальных клеток желудка [8, 9], пока мало эффективны.

В связи с этим остается актуальным поиск новых способов снижения тяжести побочных эффектов от применения НПВП. Одним из таких подходов может быть обогащение рациона питания пациентов немедикаментозными биологически активными соединениями. Согласно данным литературы, такими биологически активными соединениями, оказывающими

протекторное действие в отношении НПВП-зависимых гастро- и энтеропатий, могут быть белки пищи. Результаты ряда экспериментов, проведенных на лабораторных животных, показывают, что некоторые пищевые белки могут оказывать противовоспалительное действие и способствовать заживлению повреждений слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта [10–12]. Защитное и противовоспалительное действие пищевых белков в отношении слизистой кишечника связывают с биологически активными пептидами, образующимися в кишечнике в результате ферментативного гидролиза пищевых белков [13]. Источником таких биологически активных пептидов могут быть белки: овотрансферрин [14], альфа-лактальбумин, бета-лактоглобулин, лактоферрин [15, 16], коллаген и желатин [12, 17].

Следует отметить, что большинство исследований по противовоспалительному действию пищевых белков проведено с использованием модели язвенного колита [11, 12, 18]. В то же время действие пищевых белков и биологически активных пептидов на НПВП-индуцированное повреждение стенки тонкой кишки и желудка изучено недостаточно.

Следует отметить, что среди всех пищевых белков, обладающих противовоспалительным действием, исследование защитного действия коллагена в отношении НПВП-индуцированных гастро- и энтеропатий имеет свои преимущества, поскольку как НПВП, так и пищевые добавки на основе коллагена используются при дегенеративных заболеваниях костей и суставов [19, 20].

В связи с этим цель исследования состояла в оценке способности коллагенсодержащей пищевой добавки защищать клетки эпителия двенадцатиперстной кишки человека (линия HuTu-80) от индометацин-индуцированного повреждения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Композитный коллагенсодержащий гидрогель был предоставлен компанией ООО «ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН» (Россия) и представляет собой гидрогель, состоящий из смеси высоко- и низкомолекулярного коллагена, мукополисахаридов и триглицеридов. Коллагеновый гидрогель зарегистрирован как пищевая биологически активная добавка (сертификаты соответствия № ECO.RU.0001.ЭГК39028, ЕАЭС N RU Д-RU.ТP06. В.05844/19). Физико-химическая характеристика коллагенового гидрогеля представлена в табл. 1.

Методы

Оценивали влияние исследуемых образцов на размеры, форму и пролиферативную активность клеток. Клетки инкубировали с исследуемыми образцами при стандартных условиях культивирования в течение трех суток. Каждые сутки клетки фотографировали с использованием микроскопа Leica (Leica Microsystems). Размеры и количество клеток оценивали с использованием встроенного программного обеспечения Image Analysis (Leica Microsystems). Количество повторов каждой группы — 3, количество охарактеризованных клеток в каждой группе — 25 шт.

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

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

В работе использовали коммерческую культуру клеток фибробластов кожи человека HDF (Cell Applications, США, кат. № 106K-05a) и клетки эпителия двенадцатиперстной кишки человека (линия HuTu-80), приобретенные в ФГБУН «Институт цитологии Российской академии наук», Санкт-Петербург.

Цитотоксичность исследуемых образцов оценивали с использованием проточного цитофлуориметра BD FACSCanto II (Becton Dickinson and Company, США) и коммерческого набора Kit Live/Dead Test (Thermo Fisher Scientific Inc., США). Исследуемые образцы вносили в лунки в 9-луночный культуральный планшет с предварительно адгезированными фибробластами или энтероцитами HuTu-80 с плотностью монослоя более 90 %. Во всех экспериментах, где не указано иное, использовали питательную среду DMEM, содержащую 10 % ФБС и 1 % раствор пенициллина-стрептомицина. Инкубировали 1 сутки при стандартных условиях (37°C, 5 % CO₂). Затем клетки снимали с поверхности пластика, используя для этого 0,25 % раствор трипсина-EDTA, трижды промывали в ФБС и оценивали количество живых и мертвых клеток согласно протоколу, рекомендованному производителем набора Kit Live/Dead Test.

Оценка количества апоптических клеток. Оценку проводили методом проточной цитометрии с использованием коммерческого набора (FITC Annexin V Apoptosis Detection Kit I BD, Pharmingen, США). Как было описано выше, клетки инкубировали с исследуемыми образцами при стандартных условиях культивирования в течение трех суток. Затем клетки снимали с поверхности пластика, используя для этого 0,25 % раствор трипсина-EDTA, трижды промывали в ФБС и оценивали количество апоптических клеток согласно протоколу, рекомендованному производителем набора FITC Annexin V Apoptosis Detection Kit.

PAVEL A. MARKOV ET AL. | ORIGINAL ARTICLE

Клеточный цикл и индекс пролиферации клеток. Фазы клеточного цикла: фаза покоя (G0-фаза), фаза клеточного роста (G1-фаза), синтетическая фаза (S-фаза) и фаза клеточного деления (M-фаза) — оценивали методом проточной цитометрии с использованием коммерческого набора Kit CellCycle (BD Pharmingen, США). Как было описано выше, клетки инкубировали с исследуемыми образцами при стандартных условиях культивирования в течение трех суток. Затем клетки снимали с поверхности пластика, используя для этого 0,25 % раствор трипсина-EDTA, трижды промывали в ФБС и оценивали количество апоптических клеток согласно протоколу, рекомендованному производителем набора Kit CellCycle.

Статистическая обработка результатов. При обработке данных вычисляли среднее арифметическое значение (*M*), среднее квадратичное отклонение (*σ*). Достоверность различий оценивалась по *t*-критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Индометацин представляет собой производное индолуксусной кислоты и обладает противовоспалительным, анальгезирующим и жаропонижающим действием. Однако результаты многочисленных исследований показывают, что индометацин, как и многие другие НПВП, оказывает ингибирующее действие на жизнеспособность и функциональную активность энтероцитов [21–23]. В связи с этим остается актуальным поиск новых способов снижения тяжести побочных эффектов от применения НПВП.

Исследование проведено с целью оценить способность коллагенсодержащего гидрогеля, представляющего собой биологически активную добавку к пище, защищать клетки кишечника от повреждения, вызванного индометацином.

Поскольку внесение в стандартную культуральную среду дополнительных количеств белков и иных химических соединений влияет на жизнеспособность клеток, то на первом этапе исследований подбирали концентрацию коллагенового гидрогеля, совместимую с нормальной жизнеспособностью фибробластов и энтероцитов при их совместном культивировании. Для этого использовали две культуры клеток — фибробласты, как общепринятый стандарт оценки цитотоксичности биологически активных соединений, и линию клеток NuTu-80, как модельный объект для оценки воздействия индометацина и коллагенового гидрогеля на функциональную активность эпителиальных клеток тонкой кишки.

Жизнеспособность клеток оценивали с использованием проточной цитометрии и набора Live/Dead test. Установлено, что жизнеспособность как фибробластов, так энтероцитов напрямую зависит от концентрации коллагенового гидрогеля в культуральной среде (табл. 2).

Соединение принято считать нетоксичным при снижении клеточной жизнеспособности менее чем на 10 %. Снижение количества живых клеток более чем на 70 % оценивается как тяжелая цитотоксичность, на 60–40 % — как умеренная и на 10–30 % — как небольшая [24]. Полученные данные указывают на то, что коллагеновый гидрогель не оказывает цитотоксического действия при концентрации в культуральной среде менее 3 %,

Таблица 2. Влияние концентрации коллагенового гидрогеля в культуральной среде на жизнеспособность фибробластов и энтероцитов

Table 2. The effect of a concentration of collagen hydrogel, in the culture medium, on the viability of fibroblasts and enterocytes

Концентрация гидрогеля в питательной среде, мг/мл / Concentration of collagen hydrogel in cultural medium	Количество живых клеток, % Amount of live cell, %	
	фибробласты / fibroblasts	энтероциты / enterocytes
0 (Control)	95 ± 3	90 ± 4
0,7	92 ± 5	88 ± 2
1,4	92 ± 3	89 ± 3
2,8	87 ± 7	81 ± 4
5,6	31 ± 4*	40 ± 4*

Примечание: * — различия достоверны при *p* < 0,05 по сравнению с контролем (Control); *n* = 7, *M* ± *σ*.

Note: * — differences are significant compared to control, at *p* < 0.05; *n* = 7, *M* ± *σ*.

Таблица 3. Влияние концентрации индометацина в культуральной среде на жизнеспособность энтероцитов

Table 3. The effect of a indomethacin concentration in the culture medium, on the viability of enterocytes

Концентрация индометацина в питательной среде, мг/мл / Concentration of indomethacin in cultural medium	Количество клеток, % / Amount of cell, %	
	живые / live	мертвые / dead
0 (Control)	83 ± 5	14 ± 3
0,25	82 ± 7	18 ± 7
0,5	73 ± 12	27 ± 12
1	63 ± 7*	37 ± 7*
2	42 ± 2*	57 ± 3*
4	43 ± 7*	57 ± 7*

Примечание: * — различия достоверны при *p* < 0,05 по сравнению с контролем (Control); *n* = 7, *M* ± *σ*.

Note: * — differences are significant compared to control, at *p* < 0.05; *n* = 7, *M* ± *σ*.

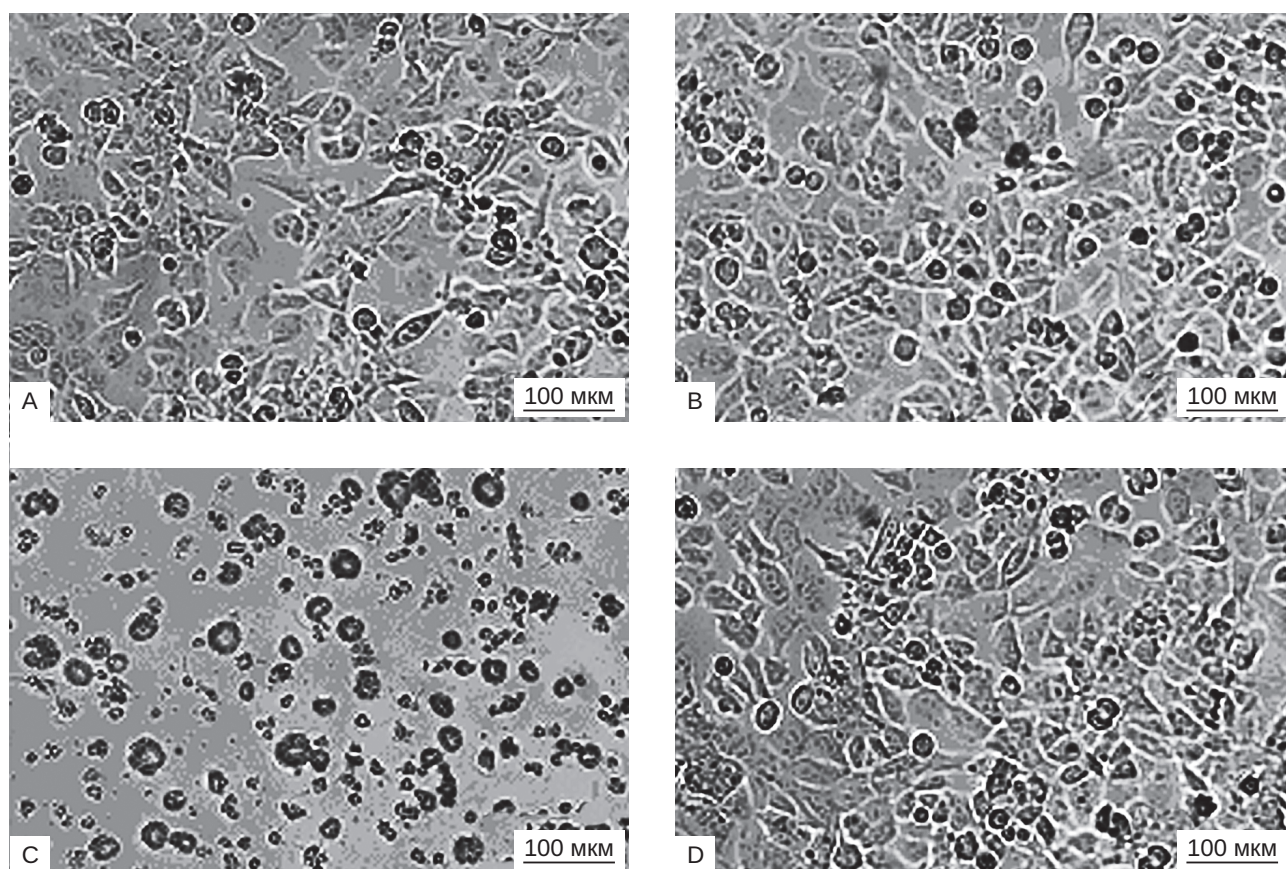


Рис. 1. Фото клеток эпителия тонкой кишки человека HuTu-80 через 1 сутки инкубации

Fig. 1. The photo of HuTu-80 human small intestine epithelial cells after a 24 h of incubation

Примечание: (A) интактная питательная среда; (B) среда, содержащая коллагеновый гидрогель; (C) индометацин; (D) смесь коллагенового гидрогеля с индометацином. Световая микроскопия, $\times 100$.

Note: (A) in intact culture medium; (B) in a culture medium with the addition of collagen, (C) indomethacin; (D) culture medium contains collagen hydrogel and indomethacin. Light microscopy, $\times 100$.

что соответствует расчетному содержанию коллагена в среде 2,8 мг/мл. Поэтому для дальнейших исследований использовалась 3 % концентрация гидрогеля, как максимально возможная с точки зрения биосовместимости с клеточными культурами.

На следующем этапе исследования определяли полумаксимальную ингибирующую концентрацию (LC50) индометацина. Для этого энтероциты вносили в культуральные среды, содержащие индометацин в концентрациях от 0,2 до 4 мг/мл. Установлено, что индометацин в концентрации 1 мг/мл вызывает гибель более 40 % популяции клеток, с увеличением концентрации количество мертвых клеток возрастает (табл. 3). Полученные результаты согласуются с данными литературы. Ранее было показано, что в условиях *in vitro* индометацин, диклофенак и ряд других НПВП ингибируют жизнеспособность клеток желудка, кишечника и печени [4, 25, 26].

Основываясь на полученных результатах, для индукции повреждения эпителиальных клеток кишечника использовали концентрацию индометацина 1 мг/мл, как наиболее близкую к концентрации полумаксимального ингибирования жизнеспособности клеток.

Установлено, что внесение коллагенового гидрогеля в среду, содержащую индометацин, сохраняет способность клеток к росту. В контроле через сутки инкубации в стандартной культуральной среде клетки эпителия

кишечника HuTu-80 трансформируются из шаровидной в веретеновидную форму и увеличиваются в размерах и (рис. 1A). Длина тела клеток составляет 40 ± 12 мкм (рис. 2).

Такая же картина наблюдается при инкубации энтероцитов HuTu-80 с коллагеновым гидрогелем (рис. 1B, рис. 2). При инкубации энтероцитов совместно с индометацином процесс трансформации клеток замедляется, более 90 % клеток остаются сферической формы, диаметр клеток составляет 16 ± 4 мкм (рис. 1C, рис. 2). В то же время при культивировании клеток в среде, содержащей как индометацин, так и коллагеновый гидрогель, способность клеток к трансформации и росту сохраняется: большинство клеток приобретают веретеновидную форму (рис. 1D), длина тела клеток становится сопоставимой с контрольными значениями и составляет 35 ± 10 мкм (рис. 2).

Коллагеновый гидрогель предотвращает гибель клеток, вызванную индометацином, и снижает количество апоптических клеток в популяции. В контроле при культивировании клеток HuTu-80 в стандартных условиях количество живых, апоптических и мертвых клеток в популяции составляет 91 ± 3 , $1,4 \pm 0,3$ и 7 ± 1 % соответственно (рис. 3). Подобная картина наблюдается при инкубации энтероцитов с коллагеновым гидрогелем (рис. 3). Совместная инкубация энтероцитов с индоме-

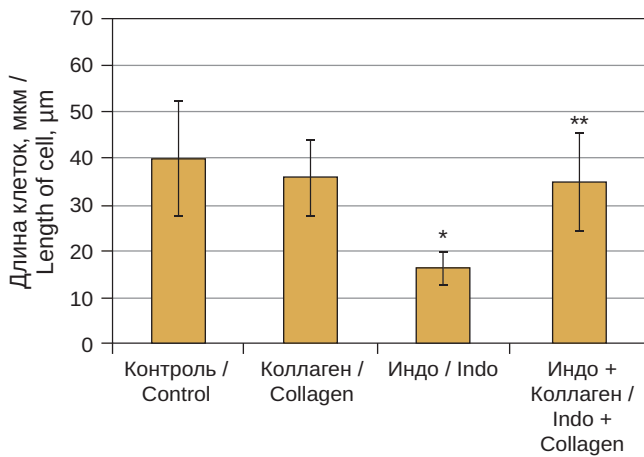


Рис. 2. Длина клеток HuTu-80 через 1 сутки инкубации в интактной питательной среде (Контроль), средах, содержащих коллагеновый гидрогель (Коллаген), индометацин (Индо) и смесь коллагенового гидрогеля с индометацином (Индо + Коллаген)

Fig. 2. The length of HuTu-80 cells after a day of incubation in intact nutrient medium (Control) and media containing collagen hydrogel (Collagen), indomethacin (Indo), and a mix of collagen hydrogel and indomethacin (Indo + Collagen)

Примечание: * — различия достоверны при $p < 0,05$ по сравнению с контролем; ** — различия достоверны при $p < 0,05$ по сравнению с индометацином (Индо); $M \pm \sigma$, $n = 50$.
Note: * — differences are significant compared to control, at $p < 0.05$; ** — differences are significant compared to indomethacin (Indo), at $p < 0.05$; $M \pm \sigma$, $n = 50$.

тацином вызывает гибель 50 % клеток и многократное увеличение количества апоптических клеток (рис. 3). Внесение коллагенового гидрогеля в среду с индометацином ингибирует гибель клеток, что выражается в снижении количества как мертвых клеток, так и клеток на стадии апоптоза (рис. 3).

Установлено, что коллагеновый гидрогель предотвращает патологические изменения в клеточном цикле, вызванные индометацином. Правильное развитие клеточного цикла от G1-фазы до M-фазы гарантирует, что каждая из двух дочерних клеток получит идентичные хромосомы от родительской клетки. В контроле при инкубации в стандартной питательной среде более 50 % клеток находится в фазе роста G1, в синтетической фазе (S-фаза, фаза синтеза ДНК) и G2-фазе (предмитотический период) находятся 17 ± 2 и 31 ± 2 % клеток соответственно (рис. 4). Полученные результаты согласуются с данными литературы [27] и указывают на то, что исследуемая популяция клеток имеет нормальное распределение фаз клеточного цикла.

Культивирование кишечных клеток с индометацином приводит к накоплению клеток в S-фазе (рис. 4). Из данных литературы известно, что накопление клеток в S-фазе при воздействии НПВП связано с повреждением нити ДНК. Индуцированные нарушения в стабильности клеточного генома вызывают активацию апоптоза и гибель клеток [28, 29]. Внесение коллагенового гидрогеля в инкубационную среду, содержащую индометацин, предотвращает патологические изменения в клеточном цикле клеток (рис. 4).

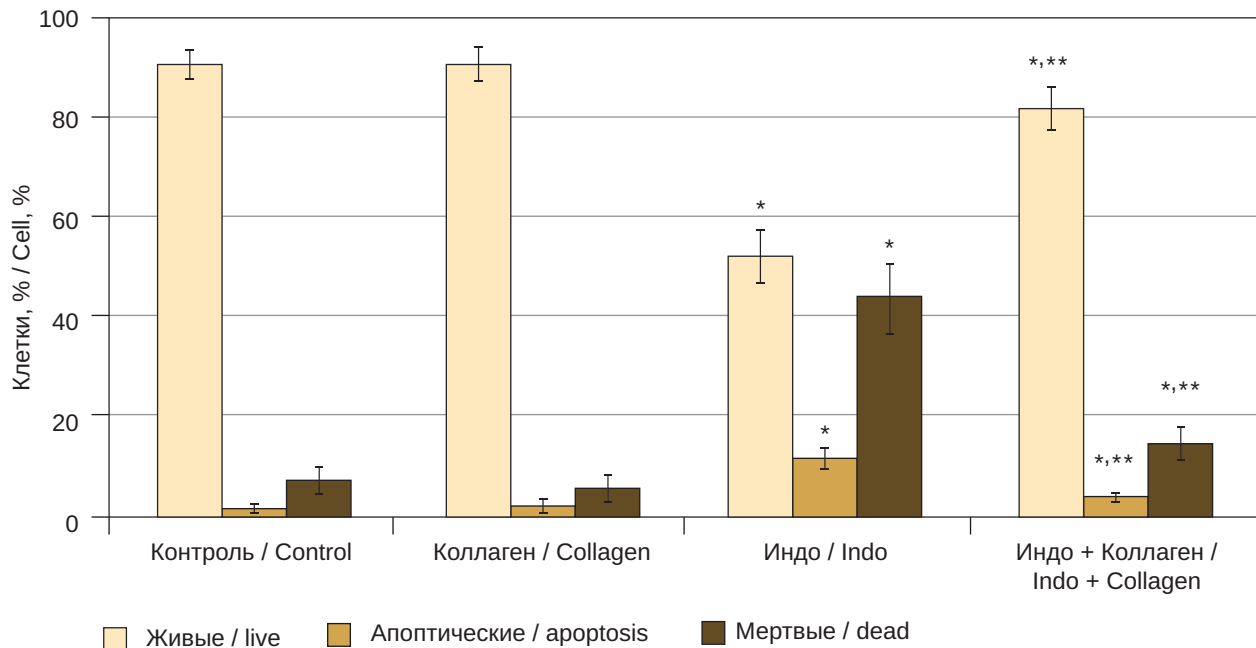


Рис. 3. Процент живых, апоптотических и мертвых клеток HuTu-80 через 1 сутки инкубации в интактной питательной среде (Контроль), средах, содержащих коллагеновый гидрогель (Коллаген), индометацин (Индо) и смесь коллагенового гидрогеля с индометацином (Индо + Коллаген)

Fig. 3. The percentage of live, apoptotic and dead HuTu-80 cells after a day of incubation in intact nutrient medium (Control) and in a culture medium with the addition of collagen (Collagen), indomethacin (Indo), and a mix of collagen hydrogel and indomethacin (Indo + Collagen)

Примечание: * — различия достоверны при $p < 0,05$ по сравнению с контролем; ** — различия достоверны при $p < 0,05$, по сравнению с индометацином (Индо); $M \pm \sigma$, $n = 7$.
Note: * — differences are significant compared to control, at $p < 0.05$; ** — differences are significant compared to indomethacin (Indo), at $p < 0.05$; $M \pm \sigma$, $n = 7$.

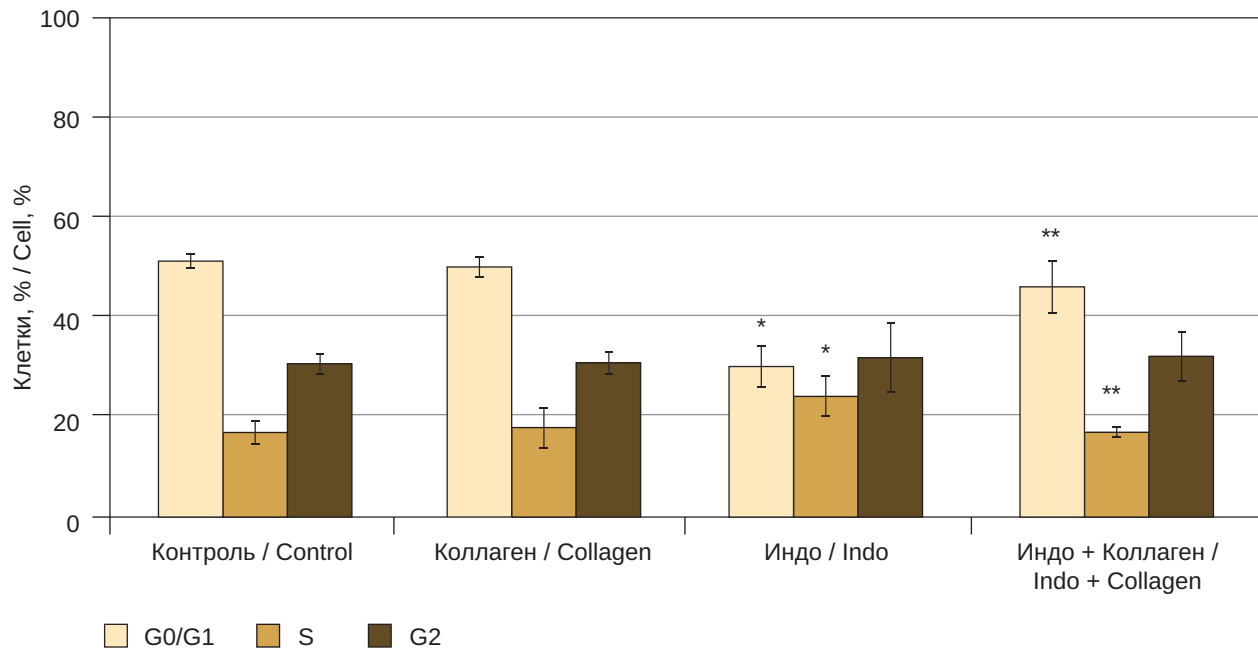


Рис. 4. Распределение клеток HuTu-80 по фазам клеточного цикла через 1 сутки инкубации в интактной питательной среде (Контроль), средах, содержащих коллагеновый гидрогель (Коллаген), индометацин (Индо) и смесь коллагенового гидрогеля с индометацином (Индо + Коллаген)

Fig. 4. Phases of the cell cycle in a population of HuTu-80 cells, after a 24 h of incubation in intact nutrient medium (Control) and in a culture medium with the addition of collagen (Collagen), indomethacin (Indo), and a mix of collagen hydrogel and indomethacin (Indo + Collagen)

Примечание: * — различия достоверны при $p < 0,05$ по сравнению с контролем; ** — различия достоверны при $p < 0,05$ по сравнению с индометацином (Индо); $M \pm \sigma$, $n = 7$.

Note: * — differences are significant compared to control, at $p < 0.05$; ** — differences are significant compared to indomethacin (Indo), at $p < 0.05$; $M \pm \sigma$, $n = 7$.

Механизмы защитного действия коллагена в отношении НПВП-индуцированного повреждения энтероцитов пока не исследованы. Возможно, что его защитное действие обусловлено способностью коллагена поглощать свободные радикалы и оказывать тем самым антиоксидантное действие [30, 31]. Согласно данным литературы, таким защитным действием в отношении клеток кишечника обладают и другие известные противовоспалительные полимеры синтетического и природного происхождения: полифенолы и их метаболиты [21, 32], пептиды пшеницы [33], 5-аминосалициловая кислота (5-АСК) и сульфасалазин [34].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в проведенном исследовании установлено, что коллагеновый гидрогель в условиях *in vitro* способен снижать патогенное действие индоме-

тацина на эпителиальные клетки кишечника человека. Защитное действие коллагенового гидрогеля характеризуется сохранением жизнеспособности, ингибированием апоптических процессов, а также сохранением стабильности клеточного цикла. Полученные результаты говорят о перспективности использования пищевой добавки на основе композитного коллагенового гидрогеля в качестве профилактического средства для снижения рисков возникновения НПВП-ассоциированных заболеваний желудочно-кишечного тракта. Тем не менее для подтверждения терапевтической эффективности пищевой добавки необходимо проведение дальнейших исследований, как с использованием моделирования на экспериментальных животных НПВП-ассоциированных заболеваний желудочно-кишечного тракта человека, так и клинических исследований.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

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

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

Соколов Андрей Сергеевич, директор по проектам ООО «ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0685-5109>

Артемяева Ирина Александровна, креативный директор ООО «ПЕРВЫЙ ЖИВОЙ КОЛЛАГЕН».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3559-2435>

Гильмутдинова Ильмира Ринатовна, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, отдел биомедицинских технологий, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

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

Фесюн Анатолий Дмитриевич, доктор медицинских наук, и. о. директора, ФГБУ «Национальный медицинский иссле-

довательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

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

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

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Марков П.А. — научное обоснование, анализ данных; Гильмутдинова И.Р. — проверка

и редактирование текста статьи; Соколов А.С. — обеспечение материалов для исследования; Артемьева И.А. — обеспечение материалов для исследования; Фесюн А.Д. — проектное руководство; Еремин П.С. — проведение исследования.

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

Конфликт интересов. Фесюн А.Д. — и. о. директора ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии», президент Национальной ассоциации экспертов по санаторно-курортному лечению, главный редактор журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

ADDITIONAL INFORMATION

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

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

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

Andrey S. Sokolov, Project Director, FIRST ALIVE COLLAGEN Limited Liability Company.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0685-5109>

Irina A. Artemyeva, Creative Director, FIRST ALIVE COLLAGEN Limited Liability Company.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3559-2435>

Ilmira R. Gilmudinova, Ph.D. (Med), Leading Researcher, Department of Biomedical Technologies, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

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

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

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

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

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

Author Contributions. All authors confirm their authorship in accordance with the international ICMJE criteria (all authors made significant contributions to the concept, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contribution: Markov P.A. — conceptualization, data analysis; Gilmudinova I.R. — writing — review & editing; Sokolov A.S. — resources; Artemyeva I.A. — resources; Fesyun A.D. — project administration; Eremin P.S. — investigation.

Funding. The authors declare no external funding in the conduct of the study.

Disclosure. Fesyun A.D. — Acting Director of the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, President of the National Association of Experts in Spa Treatment, Editor-in-Chief of the Bulletin of Rehabilitation Medicine. Other authors declare that there is no conflict of interest related to the research and publication of this article.

Data Access Statement. The data supporting the conclusions of this study are available upon reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

- Wongrakpanich S., Wongrakpanich A., Melhado K., Rangaswami J.A Comprehensive Review of Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drug Use in The Elderly. *Aging and disease*. 2018; 9(1): 143–150. <https://doi.org/10.14336/AD.2017.0306>
- Bindu S., Mazumder S., Bandyopadhyay U. Non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) and organ damage: A current perspective. *Biochemical Pharmacology*. 2020; 180: 114147. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114147>
- García-Rayado G., Navarro M., Lanás A. NSAID induced gastrointestinal damage and designing GI-sparing NSAIDs. *Expert Review of Clinical Pharmacology*. 2018; 11(10): 1031–1043. <https://doi.org/10.1080/17512433.2018.1516143>
- Boonyong C., Vardhanabhuti N., Jianmongkol S. Natural polyphenols prevent indomethacin-induced and diclofenac-induced Caco-2 cell death by reducing endoplasmic reticulum stress regardless of their direct reactive oxygen species scavenging capacity. *The Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2020; 72(4): 583–591. <https://doi.org/10.1111/jphp.13227>
- Bäck M., Yin L., Ingelsson E. Cyclooxygenase-2 inhibitors and cardiovascular risk in a nation-wide cohort study after the withdrawal of rofecoxib. *European Heart Journal*. 2012; 33(15): 1928–1933. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehr421>
- Fiorucci S., Distrutti E. COXIBs, CINODs and H₂S-releasing NSAIDs: current perspectives in the development of safer non steroidal anti-inflammatory drugs. *Current Medicinal Chemistry*. 2011; 18(23): 3494–3505. <https://doi.org/10.2174/092986711796642508>
- Badri W., Miladi K., Nazari Q.A., et al. Encapsulation of NSAIDs for inflammation management: Overview, progress, challenges and prospects. *Int J Pharm*. 2016; 515(1-2): 757–773. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2016.11.002>
- Singh D.P., Borse S.P., Nivsarkar M. A novel model for NSAID induced gastroenteropathy in rats. *J Pharmacol Toxicol Methods*. 2016; 78: 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.vascn.2015.11.008>
- Satoh H., Amagase K., Takeuchi K. Mucosal protective agents prevent exacerbation of NSAID-induced small intestinal lesions caused by antisecretory drugs in rats. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*. 2014; 348(2): 227–235. <https://doi.org/10.1124/jpet.113.208991>

10. He F., Wu C., Li P., et al. Functions and Signaling Pathways of Amino Acids in Intestinal Inflammation. *BioMed Research International*. 2018; 2018:9171905. <https://doi.org/10.1155/2018/9171905>
11. Vidal-Lletjós S., Andriamihaja M., Blais A., et al. Dietary Protein Intake Level Modulates Mucosal Healing and Mucosa-Adherent Microbiota in Mouse Model of Colitis. *Nutrients*. 2019; 11(3): 514. <https://doi.org/10.3390/nu11030514>
12. Rahabi M., Salon M., Bruno-Bonnet C., et al. Bioactive fish collagen peptides weaken intestinal inflammation by orienting colonic macrophages phenotype through mannose receptor activation. *European Journal of Nutrition*. 2022; 61(4): 2051–2066. <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02787-7>
13. Zhu W., Ren L., Zhang L., et al. The Potential of Food Protein-Derived Bioactive Peptides against Chronic Intestinal Inflammation. *Mediators of Inflammation*. 2020; 2020: 6817156. <https://doi.org/10.1155/2020/6817156>
14. Huang W., Chakrabarti S., Majumder K., et al. Egg-derived peptide IRW inhibits TNF- α -induced inflammatory response and oxidative stress in endothelial cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010; 58(20): 10840–10846. <https://doi.org/10.1021/jf102120c>
15. Oyama M., Hung T., Yoda K., et al. A novel whey tetrapeptide IPAV reduces interleukin-8 production induced by TNF- α in human intestinal Caco-2 cells. *Journal of Functional Foods*. 2017; 35: 376–383. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.001>
16. Nielsen S.D., Liang N., Rathish H., et al. Bioactive milk peptides: an updated comprehensive overview and database. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2240396>
17. Lee M., Kim D., Park S.H., et al. Fish Collagen Peptide (Naticol®) Protects the Skin from Dryness, Wrinkle Formation, and Melanogenesis Both In Vitro and In Vivo. *Preventive Nutrition and Food Science*. 2022; 27(4): 423–435. <https://doi.org/10.3746/pnf.2022.27.4.423>
18. Daskalaki M.G., Axarlis K., Aspevik T., et al. Fish Sidestream-Derived Protein Hydrolysates Suppress DSS-Induced Colitis by Modulating Intestinal Inflammation in Mice. *Marine Drugs*. 2021; 19(6): 312. <https://doi.org/10.3390/md19060312>
19. Khatri M., Naughton R.J., Clifford T., et al. The effects of collagen peptide supplementation on body composition, collagen synthesis, and recovery from joint injury and exercise: a systematic review. *Amino Acids*. 2021; 53(10): 1493–1506. <https://doi.org/10.1007/s00726-021-03072-x>
20. Arden N.K., Perry T.A., Bannuru R.R., et al. Non-surgical management of knee osteoarthritis: comparison of ESCO and OARSI 2019 guidelines. *Nature Reviews Rheumatology*. 2021; 17(1): 59–66. <https://doi.org/10.1038/s41584-020-00523-9>
21. Fuentes J., Brunser O., Atala E., et al. Protection against indomethacin-induced loss of intestinal epithelial barrier function by a quercetin oxidation metabolite present in onion peel: In vitro and in vivo studies. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 2022; 100: 108886. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2021.108886>
22. Bhatt A.P., Gunasekara D.B., Speer J., et al. Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drug-Induced Leaky Gut Modeled Using Polarized Monolayers of Primary Human Intestinal Epithelial Cells. *ACS Infectious Diseases*. 2018; 4(1): 46–52. <https://doi.org/10.1021/acsinfecdis.7b00139>
23. Handa O., Takayama S., Mukai R., et al. A review of the mechanism and prophylaxis of acetyl salicylic acid-induced injury of the small intestine. *Free Radical Research*. 2018; 52(11–12): 1266–1270. <https://doi.org/10.1080/10715762.2018.1455003>
24. Barrioni B.R., de Carvalho S.M., Oréfice R.L., et al. Synthesis and characterization of biodegradable polyurethane films based on HDI with hydrolyzable crosslinked bonds and a homogeneous structure for biomedical applications. *Materials Science & Engineering C-Materials for Biological Applications*. 2015; 52: 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.03.027>
25. Chen P., Chen C., Hu M., et al. S-allyl-L-cysteine protects hepatocytes from indomethacin-induced apoptosis by attenuating endoplasmic reticulum stress. *FEBS Open Bio*. 2020; 10(9): 1900–1911. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.12945>
26. Ahluwalia A., Hoa N., Jones M.K., Tarnawski A.S. NSAID-induced injury of gastric epithelial cells is reversible: roles of mitochondria, AMP kinase, NGF, and PGE2. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*. 2019; 317(6): G862–G871. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00192.2019>
27. Wang Z. Cell Cycle Progression and Synchronization: An Overview. *Methods in molecular biology*. 2022; 2579: 3–23. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2736-5_1
28. Luciani M.G., Campregher C., Fortune J.M., et al. 5-ASA affects cell cycle progression in colorectal cells by reversibly activating a replication checkpoint. *Gastroenterology*. 2007; 132(1): 221–235. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2006.10.016>
29. Koelink P.J., Mieremet-Ooms M.A., Corver W.E., et al. 5-aminosalicylic acid interferes in the cell cycle of colorectal cancer cells and induces cell death modes. *Inflammatory Bowel Diseases*. 2010; 16(3): 379–389. <https://doi.org/10.1002/ibd.21086>
30. Nurilmala M., Hizbullah H.H., Karnia E., et al. Characterization and Antioxidant Activity of Collagen, Gelatin, and the Derived Peptides from Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Skin. *Marine Drugs*. 2020; 18(2): 98. <https://doi.org/10.3390/md18020098>
31. Medina-Medrano J.R., Quiñones-Muñoz T.A., Arce-Ortiz A., et al. Antioxidant Activity of Collagen Extracts Obtained from the Skin and Gills of *Oreochromis* sp. *Journal of Medicinal Food*. 2019; 22(7): 722–728. <https://doi.org/10.1089/jmf.2019.0013>
32. Carrasco-Pozo C., Morales P., Gotteland M. Polyphenols protect the epithelial barrier function of Caco-2 cells exposed to indomethacin through the modulation of occludin and zonula occludens-1 expression. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013; 61(22): 5291–5297. <https://doi.org/10.1021/jf400150p>
33. Yin H., Pan X., Song Z., et al. Protective effect of wheat peptides against indomethacin-induced oxidative stress in IEC-6 cells. *Nutrients*. 2014; 6(2): 564–574. <https://doi.org/10.3390/nu6020564>
34. Jung E.S., Jang H.J., Hong E.M., et al. The Protective Effect of 5-Aminosalicylic Acid Against Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drug-Induced Injury Through Free Radical Scavenging in Small Intestinal Epithelial Cells. *Medicina (Kaunas)*. 2020; 56(10): 515. <https://doi.org/10.3390/medicina56100515>

Современные методы реабилитации пациентов после хирургического лечения синдрома карпального канала: обзор литературы

 Гребень Т.Н.^{1,*},  Фесюн А.Д.¹,  Гребень А.И.²

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

² ГБУЗ города Москвы «Городская клиническая больница № 29 им. Н.Э. Баумана» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Синдром карпального канала (СКК) является одним из наиболее распространенных типов туннельных синдромов и занимает шестое место в реестре всех профессиональных заболеваний. Высокий интерес к изучению данной патологии и особенностям его послеоперационного ведения обусловлен широкой распространенностью заболевания, социальной значимостью, зачастую неудовлетворительными результатами хирургического лечения и длительным периодом восстановления функции кисти. Цель настоящей работы заключалась в изучении современных концепций послеоперационной реабилитации пациентов с СКК.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ. При подготовке обзора использовались открытые электронные базы данных научной литературы: PubMed, ClinicalTrials.gov, eLibrary.ru. Поиск данных медицинской литературы произведен по следующим ключевым словам: «реабилитация», «синдром карпального канала», «синдром запястного канала», «срединный нерв», «компрессионная нейропатия». Критериями включения в анализ литературных источников являлись рандомизированные контролируемые клинические исследования, систематические обзоры и метаанализы. Предпочтение отдавалось публикациям за последние 5–10 лет.

ОБСУЖДЕНИЕ. Представлены наиболее часто применяющиеся методики в рамках послеоперационного ведения пациентов с СКК, обсуждены механизмы их действия и перспективы развития данной области. Рассмотрены следующие способы реабилитации: широкий спектр методов аппаратной физиотерапии, мануальная терапия, кинезиотейпирование, лимфодренажный массаж, а также возможности лечебной физкультуры и роботизированной механотерапии. Несмотря на высокий уровень развития медицины, важной проблемой остается длительный процесс реабилитации данных пациентов, при этом клиническая эффективность большего спектра предлагаемых методик по-прежнему остается малоизученной. Одними из наиболее перспективных методов реабилитации пациентов после оперативного лечения по поводу СКК являются методы роботизированной механотерапии и экстракорпоральной ударно-волновой терапии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Для эффективного применения описанных техник в рамках послеоперационной реабилитации пациентов с СКК в клинической практике необходимы дальнейшие исследования и изучение их долгосрочных эффектов, а также сравнение их эффективности с целью наиболее полного и быстрого восстановления функции пораженной кисти.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: реабилитация, синдром карпального канала, срединный нерв, компрессионная нейропатия, травматология, ударно-волновая терапия, роботизированная механотерапия.

Для цитирования / For citation: Гребень Т.Н., Фесюн А.Д., Гребень А.И. Современные методы реабилитации пациентов после хирургического лечения синдрома карпального канала: обзор литературы. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(2):34-41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-34-41> [Greiben T.N., Fesyun A.D., Greben A.I. Current Medical Rehabilitation Methods for Patients after Carpal Tunnel Syndrome Surgical Treatment: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):34-41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-34-41> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Гребень Татьяна Николаевна, E-mail: gребентн@nmicrk.ru

Статья получена: 19.02.2024
Статья принята к печати: 11.04.2024
Статья опубликована: 15.04.2024

Current Medical Rehabilitation Methods for Patients after Carpal Tunnel Syndrome Surgical Treatment: a Review

 Tatiana N. Greben^{1,*},  Anatoliy D. Fesyun¹,  Anastasiya I. Greben²

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

² City Clinical Hospital № 29 named N.E. Bauman, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Carpal tunnel syndrome is one of the most common tunnel syndromes types and ranks sixth in the all-occupational diseases' registry. The high interest in this pathology and its' postoperative management peculiarities study is due to the disease widespread prevalence, social significance, often unsatisfactory surgical treatment results and a long hand function restoration period. The purpose of this work was to study modern concepts of postoperative rehabilitation of patients with carpal tunnel syndrome.

SOURCE SEARCH METHODOLOGY. When preparing the review, open electronic databases of scientific literature were used: PubMed, ClinicalTrials.gov, eLibrary.ru. The search for medical literature data was carried out using the following keywords: "rehabilitation", "carpal tunnel syndrome", "carpal tunnel syndrome", "median nerve", "compressive neuropathy". The criteria for inclusion in the analysis of literature sources were: randomized controlled clinical trials, systematic reviews and meta-analyses. Preference was given to publications over the past 5–10 years.

DISCUSSION. The article presents the most commonly used techniques in the postoperative management of patients with carpal tunnel syndrome, discusses the mechanisms of their action and prospects for the development of this area. The review discussed the following rehabilitation methods: a wide range of methods of hardware physiotherapy, manual therapy, kinesiotaping, manual lymphatic drainage, as well as the possibilities of physical therapy and robotic mechanotherapy. Despite the high level of development of medicine, the long process of rehabilitation of these patients remains an important problem, while the clinical effectiveness of a wider range of proposed techniques still remains poorly understood. Some of the most promising methods of rehabilitation of patients after surgical treatment for carpal tunnel syndrome are methods of robotic mechanotherapy and extracorporeal shock wave therapy.

CONCLUSION. For the effective use of the described techniques as part of the postoperative rehabilitation of patients with carpal tunnel syndrome in clinical practice, further research and study of their long-term effects, as well as comparison of their effectiveness with the aim of the most complete and rapid restoration of the function of the affected hand, is necessary.

KEYWORDS: rehabilitation, carpal tunnel syndrome, median nerve, compression neuropathy, traumatology, shock wave therapy, robotic mechanotherapy.

For citation: Greben T.N., Fesyun A.D., Greben A.I. Current Medical Rehabilitation Methods for Patients after Carpal Tunnel Syndrome Surgical Treatment: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):34–41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-34-41> (In Russ.).

* **For correspondence:** Tatiana N. Greben, E-mail: grebentn@nmicrk.ru

Received: 19.02.2024

Accepted: 11.04.2024

Published: 15.04.2024

ВВЕДЕНИЕ

Синдром карпального канала (СКК) представляет собой компрессионную нейропатию срединного нерва на уровне карпального (запястного) канала кисти. Данная патология является наиболее часто встречающейся туннельной нейропатией (до 90 % всех случаев) и регистрируется как минимум у 3,8 % населения, при этом пик заболеваемости отмечается в возрасте от 45 до 65 лет [1–3]. В подавляющем большинстве случаев данный тип поражения срединного нерва характерен для женского пола, что в научном сообществе объясняется гормональной перестройкой в периоде постменопаузы, характером труда и особенностями анатомического строения карпального канала у женщин [4, 5]. К факторам риска возникновения СКК также относится наличие хронических эндокринных заболеваний и постоянная перегрузка лучезапястного сустава [6–14].

Основным вариантом лечения пациентов с СКК, несмотря на продемонстрированную эффективность консервативных методов терапии, остается оперативное вмешательство, что обусловлено поздним обращением пациентов за квалифицированной медицинской помощью и, как следствие, наличием тяжелой степени пора-

жения нерва [15–17]. Хирургическое лечение при этом заболевании заключается в декомпрессии срединного нерва, которая может быть выполнена путем открытого рассечения карпальной связки, а также современных малоинвазивных и эндоскопических техник [10, 11, 18].

На данный момент в общемировой и отечественной практике отсутствует консенсус в отношении тактики и методов реабилитации данной категории пациентов в послеоперационном периоде, в то время как несомненным является факт утраты их профессиональной трудоспособности, стойкое снижение качества жизни и зачастую неудовлетворенность результатами оперативного лечения, что в совокупности определяет важность и актуальность углубленного изучения новых подходов к реабилитации пациентов с СКК [15, 17, 18]. В связи с этим цель настоящей работы заключалась в изучении современных концепций послеоперационной реабилитации пациентов с СКК.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

При подготовке обзора использовались базы данных научной литературы PubMed, ClinicalTrials.gov, eLibrary.ru. Поиск данных медицинской литературы

производился по следующим ключевым словам: «реабилитация/rehabilitation»; «синдром карпального канала/синдром запястного канала/carpal tunnel syndrome»; «срединный нерв/median nerve»; «компрессионная нейропатия/compression neuropathy». Применялись следующие критерии включения в анализ литературных источников: рандомизированные контролируемые клинические исследования, систематические обзоры и метаанализы. В анализ не включались статьи без полнотекстовой версии и дублирующие публикации. Предпочтение отдавалось работам за последние 5–10 лет.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ литературных данных позволил выявить особенности функциональных нарушений у пациентов с СКК после оперативного вмешательства. Так, в случае адекватно проведенного хирургического лечения пациенты отмечают быстрое купирование болевого синдрома, в то время как восстановление двигательной активности кисти и чувствительности в зоне иннервации срединного нерва происходит постепенно, в течение нескольких месяцев с момента оперативного вмешательства [2, 14]. Уменьшение площади поперечного сечения поврежденного нерва, согласно данным медицинской литературы, наблюдается в течение последующих 2–18 месяцев, однако не всегда восстанавливается до его нормальных, среднестатистических размеров [2, 14, 19–29].

Для пациентов более старшей возрастной категории (старше 60 лет) характерно как более тяжелое течение самого заболевания, так и менее благоприятные результаты его хирургического лечения, что может быть объяснено снижением активности процессов регенерации, в частности, нервной ткани. Эффективность и оправданность оперативного вмешательства у них по-прежнему остается дискуссионной [30]. Частота неудовлетворительных результатов после произведения декомпрессии срединного нерва в случае отсутствия адекватной послеоперационной реабилитации может достигать по данным разных исследователей 25 % [31].

Основной целью послеоперационной реабилитации пациентов с СКК является максимально полное и быстрое восстановление утраченных вследствие заболевания функций кисти: чувствительности, силы мышц кисти, объема движений, а также предотвращение рецидива компрессии нерва и часто встречающимися осложнениями оперативного вмешательства, таких как наличие выраженного отека и рубцов [2]. Послеоперационная реабилитация при СКК является исключительно персонифицированной и может включать в себя разнонаправленные и дополняющие друг друга методики: комплексы упражнений, мобилизацию мягких тканей, иммобилизацию лучезапястного сустава с помощью ортеза, уход за ранами, работу с отеками и формирующимися рубцами, применение физиотерапевтических методов лечения, десенсибилизацию и эргономическую модификацию рабочего места пациента [32].

Иммобилизация лучезапястного сустава при помощи различных представленных на рынке фиксаторов или индивидуальных ортезов из низкотемпературного пластика может быть использована с целью снижения интенсивности болевого синдрома в послеоперацион-

ном периоде, десенсибилизации раны, предотвращения динамического сдавления срединного нерва, а также для уменьшения натяжения сухожилий сгибателей кисти, проходящих в карпальном канале [33].

В программах реабилитации пациентов с СКК после проведенного оперативного лечения используют также методы аппаратной физиотерапии. Лазерную и ультразвуковую терапию в рамках послеоперационного ведения пациентов с СКК применяют с целью стимуляции процессов регенерации как кожных покровов, так и нервной ткани, уменьшения интенсивности болевого синдрома и воспаления, как в самом нервном стволе, так и в окружающих его сухожилиях сгибателей пальцев [33–35]. Электромиостимуляция, в свою очередь, препятствует дальнейшей атрофии мышц тенара и первых двух червеобразных мышц, обеспечивая экзогенную стимуляцию мышечной ткани в период восстановления срединного нерва, что в дальнейшем значительно влияет на функциональный результат [36].

Отсутствие громоздкой послеоперационной повязки также является важным принципом реабилитации, так как создаются оптимальные условия для самостоятельной ранней мобилизации, за счет чего происходит продольное скольжение срединного нерва и сухожилий, что препятствует образованию спаек между ними [37].

Воздействие на отек, заключающееся в поддержании возвышенного положения верхней конечности в первые дни после оперативного вмешательства, местного применения холода, кинезиотейпирования, методик лимфодренажного массажа и комплекса упражнений, уменьшает риски формирования рубцов и последующего ограничения подвижности суставов [32].

Работа с рубцами включает в себя применение мануальных техник, электрофонофореза с лидазой, кинезиотейпирования и экстракорпоральной ударно-волновой терапии (УВТ), которые минимизируют риски развития рубцово-спаечного процесса в области хирургического доступа и образования периневральных рубцов, приводящих к рецидиву заболевания [37]. Причина развития данного наиболее часто встречающегося осложнения, по поводу которого проводится от 23 до 100 % ревизионных оперативных вмешательств, может заключаться как в особенностях репаративного процесса самого пациента, так и в осуществлении неоправданного невролиза в ходе операции [31, 38]. В рамках реабилитационных программ пациентов с СКК также активно применяются прогрессирующие упражнения с целью восстановления объема движений и увеличения силы хвата пораженной кисти [32].

Клинически значимое снижение интенсивности болевого синдрома и улучшение функции кисти продемонстрировала мобилизация мягких тканей в области карпального канала и послеоперационного рубца [32, 39]. Отмечаемые положительные эффекты ее применения могут быть объяснены улучшением вязкоупругих свойств опорно-двигательного аппарата, восстановлением дисфункциональных моделей активности проприоцепторов и ноцицепторов как в центральной, так и в периферической нервной системе, а также ремоделированием субсиновиальной соединительной ткани. Использование миофасциальной мобилизации в после-

операционном периоде характеризуется уменьшением выраженности рубцово-спаечного процесса между соединительной тканью и срединным нервом, что позволяет нервному стволу свободно скользить по нижележащей фасции, а также способствует биомеханической реструктуризации, как локально, так и на расстоянии, стимуляции пролиферации фибробластов и последующему увеличению синтеза нормального коллагена. Таким образом, миофасциальная мобилизация может выступать в качестве адъювантной терапии в послеоперационном периоде при СКК [40–44].

Экстракорпоральная УВТ — эффективный и безопасный неинвазивный метод, основанный на воздействии ударных волн на различные ткани человека в результате прямого или косвенного контакта, который зарекомендовал себя в лечении и реабилитации пациентов с различными заболеваниями опорно-двигательного аппарата [45–49]. Механизм действия УВТ изучен не полностью, однако на данный момент известно, что используемая при УВТ механическая энергия вызывает ряд изменений в цитоскелете, приводит к активации ядра клетки (например, высвобождение мРНК) и других клеточных структур, таких как митохондрии, эндоплазматический ретикулум, внутриклеточные везикулы и т. д., что индуцирует, в свою очередь, процессы заживления, увеличение производства эндогенного оксида азота и снижение активации NF- κ B, что оказывает выраженный противовоспалительный эффект [50, 51].

В недавних работах было показано, что УВТ также оказывает стимулирующее действие на процессы нейро- и ангиогенеза, что обуславливает его применение в лечении компрессионных нейропатий [52]. В послеоперационном периоде у пациентов с СКК может быть использована УВТ с целью улучшения процессов регенерации, уменьшения активности воспалительного процесса и механического воздействия на послеоперационные рубцы [53]. Редукция воспаления в карпальном канале способствует уменьшению давления на срединный нерв, увеличению пролиферации шванновских клеток, что, в свою очередь, улучшает процессы регенерации аксонов нервной ткани и, как следствие, уменьшает симптомы заболевания [54, 55]. В работах иностранных авторов неоднократно было показано, что применение УВТ при СКК в рамках послеоперационной реабилитации приводит к уменьшению интенсивности болевого синдрома, отека и симптомов заболевания, улучшению функциональных показателей пораженной кисти, качества рубцовой ткани и электрофизиологических показателей (увеличение скорости сенсорной проводимости и уменьшение дистальной латентности) [56–68].

Перспективным в рамках послеоперационного ведения пациентов с СКК является применение современных роботехнических устройств, интегрирующих в свой дизайн новые полезные концепции, основанные на теориях обучения и моторного контроля. Применение роботизированной механотерапии крайне актуально в реабилитации заболеваний, сопровождающихся двигательными расстройствами, с целью оптимизации и улучшения конкретных двигательных навыков с помощью практики, основанной на интенсивных, повторяющихся, мотивирующих и высокочастотных упражнениях

[69–72]. Данные научной литературы демонстрируют, что данный вид физической терапии является безопасным, простым в использовании, регулируемым, надежным и действенным инструментом восстановления объема движений, захвата и улучшения кинетических и кинематических параметров, связанных со сгибанием и с разгибанием пальцев, что позволяет использовать его в сочетании с другими методами реабилитации [73, 74].

Использование механотерапии в реабилитации верхней конечности способно в перспективе улучшить функциональные показатели пораженной кисти, стимулируя конкретные двигательные навыки руки, увеличивая функцию и силу хвата, улучшая координацию и скорость выполнения задач, что может улучшить соматотосенсорные функции, двигательный контроль, ощущение нахождения конечности в пространстве, и, таким образом, улучшить интеграцию пораженной кисти в повседневную активность [75]. Сочетание робототехники с другими методиками реабилитации может оптимизировать процесс моторного переобучения пациента конкретным навыкам, связанным с амплитудой и силой хвата, моторным секвенированием пальцев, независимым движением и контролем прилагаемой силы [76–79]. Использование роботизированных устройств в клинической практике позволяет также увеличить индивидуальную селективную активацию одних пальцев и уменьшить дисфункциональную коактивацию других, улучшая тем самым специфические навыки хвата [80, 81]. В результате применения механотерапии отмечается улучшение когнитивных качеств пациента, что особенно актуально при СКК, поражающем преимущественно лиц пожилого возраста [82].

В исследованиях также было показано положительное влияние мультимодальной, комбинированной реабилитационной программы с точки зрения силы хвата, интенсивности болевого синдрома и сроков восстановления трудоспособности, что говорит о целесообразности применения различных разнонаправленных средств реабилитации в послеоперационном периоде [32, 83, 84]. В ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России был разработан новый метод реабилитации пациентов после оперативного лечения по поводу СКК (авторы: Гребень Т.Н., Фесюн А.Д.) на основе комплексного воздействия тренировок на роботизированном тренажере «Amadeo» (10 занятий на курс) и процедур экстракорпоральной УВТ (3 процедуры на курс), которые применяются на фоне стандартного комплекса традиционных методов реабилитации (ультрафонофорез, воздействие низкоинтенсивным лазерным излучением инфракрасным лазером, местные лечебные ручные ванны, групповые занятия лечебной гимнастикой и массаж оперированной верхней конечности). Опыт применения данного комплексного метода реабилитации показал, что использование комплексного воздействия роботизированных систем механотерапии и экстракорпоральной УВТ в послеоперационном периоде медицинской реабилитации пациентов с СКК способствует сокращению периода восстановления объема движений и силы кисти и восстановлению утраченной мелкой моторики дистальных отделов верхней конечности, с чем не всегда справляются традиционные методы медицинской реабилитации.

Согласно данным медицинских исследований, соблюдение реабилитационной программы в послеоперационном периоде — важнейший прогностический фактор раннего возвращения к привычному образу жизни и рабочим обязанностям [32, 83]. Ранняя оценка функционального состояния пациента с СКК, формирование конкретных для данного пациента целей и задач реабилитации в совокупности с междисциплинарным лечением способствуют ускорению функционального восстановления и улучшению качества жизни в послеоперационном периоде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СКК является важной социальной проблемой, что объясняется проявлением симптомов данного заболевания, значительно ухудшающих функцию всей верхней конечности, в основном у лиц трудоспособного возраста, а также пожилых людей, как в России, так и во всем мире. Несмотря на высокий уровень развития восстановительной медицины,

важной проблемой остается длительное восстановление пациентов и неудовлетворенность результатами проведенного лечения, клиническая эффективность большего спектра предлагаемых методик по-прежнему остается малоизученной. На данный момент отсутствуют общепринятый стандарт и алгоритм послеоперационных реабилитационных мероприятий после осуществления хирургического лечения данной патологии. Поэтому для эффективного применения описанных техник в рамках послеоперационной реабилитации пациентов с СКК в клинической практике необходимы дальнейшие исследования и изучение их долгосрочных эффектов, а также сравнение их эффективности с целью наиболее полного и быстрого восстановления функции пораженной кисти. В этом аспекте одними из наиболее перспективных методов реабилитации пациентов после оперативного лечения по поводу СКК являются методы роботизированной механотерапии и экстракорпоральной УВТ.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Гребень Татьяна Николаевна, заместитель директора по лечебной части, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: grebentn@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6001-0804>

Фесюн Анатолий Дмитриевич, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры организации здравоохранения и санаторно-курортного дела, и.о. директора, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

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

Гребень Анастасия Игоревна, врач-травматолог-ортопед, ГБУЗ города Москвы «Городская клиническая больница № 29 им. Н.Э. Баумана» Департамента здравоохранения города Москвы.

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

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: Гребень Т.Н. — методология, проведение исследования, анализ данных, написание черновика рукописи; Фесюн А.Д. — проверка и редактирование рукописи, курирование проекта, руководство проектом; Гребень А.И. — анализ данных, написание черновика рукописи.

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

Конфликт интересов. Фесюн А.Д. — главный редактор журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют об отсутствии 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

Tatiana N. Greben, Deputy Director for Medical Affairs, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: grebentn@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6001-0804>

Anatoliy D. Fesyun, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Healthcare Organization and Health Resorts, Acting Director, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

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

Anastasiya I. Greben, Orthopedic Traumatologist, Bauman City Clinical Hospital No. 29.

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

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: Greben T.N. — methodology, research, data analysis, writing the draft manuscript; Fesyun A.D. — checking and editing the manuscript, project supervision, project management; Greben A.I. — data analysis, writing the draft manuscript.

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

Disclosure. Fesyun A.D. — Editor-in-Chief of the journal "Bulletin of Rehabilitation Medicine". The other authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

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

Список литературы / References

1. Малецкий Э.Ю., Короткевич М.М., Бутова А.В. и др. Измерение периферических нервов: сопоставление ультразвуковых, магнитно-резонансных и интраоперационных данных. Медицинская визуализация. 2015; (2): 78–86. [Maletskiy E.Yu., Korotkevich M.M., Butova A.V., et al. Measurements of Peripheral Nerves: Comparison of Ultrasound, MRI and Direct Intraoperative Data. Medical Visualization. 2015; (2): 78–86 (In Russ.).]
2. Эристов А.Н., Щукина Т.В., Федоров В.Н. и др. Анализ хирургического лечения с применением открытого доступа в зависимости от длительности заболеваний и сопутствующих нозологий. Здравоохранение Чувашии. 2023; (2): 52–62. <https://doi.org/10.25589/GIDUV.2023.53.44.003> [Eristov A.N., Shchukina T.V., Fedorov V.N., et al. Analysis of open-access surgical treatment depending on the duration of disease and concomitant nosologies. Healthcare of Chuvashia. 2023; (2): 52–62. <https://doi.org/10.25589/GIDUV.2023.53.44.003> (In Russ.).]
3. Gerger H., Macri E.M., Jackson J.A., et al. Physical and psychosocial work-related exposures and the incidence of carpal tunnel syndrome: A systematic review of prospective studies. Applied ergonomics. 2024; (117): 104211. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104211>
4. Самарцев И.Н., Рашидов Н.А., Живолупов С.А., Воробьева М.Н. Современная стратегия дифференциальной диагностики и лечения компрессионно-ишемической невропатии срединного нерва на уровне карпального канала (клиническое исследование). Consilium Medicum. 2017; (19) (2.2. Неврология и Ревматология): 58–66. [Samartsev I.N., Rashidov N.A., Zhivolupov S.A., Vorobieva M.N. Contemporary strategy of differential diagnosis and treatment of carpal tunnel syndrome (clinical study). Consilium Medicum. 2017; (19) (2.2. Neurology and Rheumatology): 58–66 (In Russ.).]
5. Zhang L., Yang T., Pang L., et al. Effects of Extracorporeal Shock Wave Therapy in Patients with Mild-to-Moderate Carpal Tunnel Syndrome: An Updated Systematic Review with Meta-Analysis. Journal of clinical medicine. 2023; 12(23): 7363. <https://doi.org/10.3390/jcm12237363>
6. Гильвер А.С., Парфенов В.А., Евзиков Г.Ю. Ближайшие и отдаленные результаты декомпрессии срединного нерва при синдроме запястного канала. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2018; 10(3): 79–85. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2018-3-79-85> [Gilveg A.S., Parfenov V.A., Evzikov G.Yu. Median nerve decompression in carpal tunnel syndrome: short- and long-term results. Neurology, neuropsychiatry, psychosomatics. 2018; 10(3): 79–85. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2018-3-79-85> (In Russ.).]
7. Lusa V., Karjalainen T.V., Pääkkönen M., et al. Surgical versus non-surgical treatment for carpal tunnel syndrome. The Cochrane database of systematic reviews. 2024; 1(1): CD001552. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001552.pub3>
8. Томова Ф.М., Долгова И.Н., Карпов С.М. Синдром запястного канала. Международный научно-исследовательский журнал. 2013; 12(19): 63–64. [Tomova F.M., Dolgova I.N., Karpov S.M. Carpal Tunnel Syndrome (CTS). International Research Journal. 2013; 12(19): 63–64 (In Russ.).]
9. Пизова Н.В. Туннельные синдромы запястного и кубитального каналов как наиболее распространенные варианты компрессионных невропатий верхних конечностей. Медицинский совет. 2020; (19): 52–60. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2020-19-52-60> [Pizova N.V. Carpal and cubital tunnel syndromes as the most common variants of upper extremity compression neuropathies. Meditsinskiy sovet = Medical Council. 2020; (19): 52–60. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2020-19-52-60> (In Russ.).]
10. Семенкин О.М., Измалков С.Н., Братичук А.Н. и др. Результаты оперативного лечения пациентов с синдромом запястного канала в зависимости от степени выраженности заболевания. Гений ортопедии. 2021; 27(1): 24–31. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2021-27-1-24-31> [Semenkin O.M., Izmailkov S.N., Bratiichuk A.N., et al. Results of surgical treatment of patients with carpal tunnel syndrome depending on the severity of the disease. Genij Ortopedii. 2021; 27(1): 24–31. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2021-27-1-24-31> (In Russ.).]
11. Богов А.А. (мл.), Масгутов Р.Ф., Ханнанова И.Г. и др. Синдром запястного (карпального) канала. Практическая медицина. 2014; 80(4): 35–40. [Bogov A.A. (Jr.), Masgutov R.F., Khannanova I.G. Carpal canal syndrome. Practical medicine. 2014; 80(4): 35–40 (In Russ.).]
12. Заболотских Н.В., Брилева Е.С., Курзанов А.Н. и др. Современные методы диагностики синдрома запястного канала. Кубанский научный медицинский вестник. 2015; 154(5): 132–136. [Zabolotskih N.V., Brileva E.S., Kurzanov A.N., et al. Modern methods of diagnosis of carpal tunnel syndrome. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2015; 154(5): 132–136 (In Russ.).]
13. Юсупова Д.Г., Супонева Н.А., Зимин А.А. и др. Валидация Бостонского опросника по оценке карпального туннельного синдрома (Boston Carpal Tunnel Questionnaire) в России. Нервно-мышечные болезни. 2018; 8(1): 38–45. <https://doi.org/10.17650/2222-8721-2018-8-1-38-45> [Yusupova D.G., Suponeva N.A., Zimin A.A., et al. Validation of the Boston Carpal Tunnel Questionnaire in Russia. Nervnomyshechnye bolezni = Neuromuscular Diseases. 2018; 8(1): 38–45. <https://doi.org/10.17650/2222-8721-2018-8-1-38-45> (In Russ.).]
14. Яриков А.В., Туткин А.В., Бояршинов А.А. и др. Карпальный туннельный синдром: клиника, диагностика и современные подходы к лечению (краткий обзор). Медицинский альманах. 2020; (3): 64. [Yarikov A.V., Tutkin A.V., Boyarshinov A.A., et al. Carpal tunnel syndrome: clinic, diagnosis and modern approaches to treatment (brief review). Medical almanac. 2020; (3): 64 (In Russ.).]
15. Genova A., Dix O., Saefan A., Thakur M., Hassan A. Carpal Tunnel Syndrome: a review of literature. Cureus. 2020; 12(3): e7333. <https://doi.org/10.7759/cureus.7333>
16. Williamson E.R., Vasquez Montes D., Melamed E. Multistate comparison of cost, trends, and complications in open versus endoscopic carpal tunnel release. Hand (New York, N.Y.). 2021; 16(1): 25–31. <https://doi.org/10.1177/1558944719837020>
17. Ходорковский М.А., Скорынин О.С., Старченков К.Н. и др. Синдром запястного канала: все ли проблемы решены? Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2018; 2(65): 27–33. [Khodorkovsky M.A., Skorynin O.S., Starchenkov K.N., et al. Carpal tunnel syndrome: are all problems solved? Issues of reconstructive and plastic surgery. 2018; 2(65): 27–33 (In Russ.).]
18. Байтингер А.В., Черданцев Д.В., Рыбаков В.Е. Сравнительный анализ эффективности открытой и эндоскопической декомпрессии срединного нерва при первичном синдроме карпального канала. Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2019; 22(2): 71–78. <https://doi.org/10.17223/1814147/69/09>. [Baytinger A.V., Cherdancev D.V., Rybakov V.E. Clinical anatomy of the carpal tunnel in primary compression of the median nerve (carpal syndrome). Issues of Reconstructive and Plastic Surgery. 2019; 22(2): 71–78. <https://doi.org/10.17223/1814147/69/09> (In Russ.).]
19. Малецкий Э.Ю., Александров Н.Ю., Розенгауз Е.В. и др. Каскадное утолщение нервов в многоуровневых туннелях. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2017; (1): 65–78. [Maletskiy E.Yu., Alexandrov N.Yu., Rozengauz E.V. Cascade Thickening of Nerves in Multilevel Tunnels. Ultrasound and Functional Diagnostics. 2017; (1): 65–78 (In Russ.).]
20. Asghar A., Naaz S., Ansari S., et al. The cross-sectional morphology of median nerve in carpal tunnel of healthy, adult population: A systematic review and meta-analysis. Morphologie. 2023; 107(356): 99–115. <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2022.05.005>
21. Салтыкова В.Г., Митькова М. Д. Роль эхографии в исследовании периферических нервов конечностей. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011; (3): 93–106. [Saltykova V.G., Mitkova M.D. Ultrasound Diagnostics in Examination of Extremities Peripheral Nerves. Ultrasound and Functional Diagnostics. 2011; (3): 93–106 (In Russ.).]

22. Gonzalez N.L., Hobson-Webb L.D. Neuromuscular ultrasound in clinical practice: a review. *Clinical neurophysiology practice*. 2019; (4): 148–163. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2019.04.006>
23. Carroll A.S., Simon N.G. Current and future applications of ultrasound imaging in peripheral nerve disorders. *World journal of radiology*. 2020; 12 (6): 101–129. <https://doi.org/10.4329/wjr.v12.i6.101>
24. Paluch L., Pietruski P., Walecki J., Noszczyk B.H. Wrist to forearm ratio as a median nerve shear wave elastography test in carpal tunnel syndrome diagnosis. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery*. 2018; 71(8): 1146–1152. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2018.03.022>
25. Sonofuchi K., Hatta T., Goto H. Ultrasonographic measurement of the median nerve transverse diameter at the wrist for diagnosing carpal tunnel syndrome. *The journal of hand surgery Asian-Pacific volume*. 2021; 26(2): 223–228. <https://doi.org/10.1142/S2424835521500223>
26. Roomizadeh P., Eftekharsadat B., Abedini A., et al. Ultrasonographic assessment of carpal tunnel syndrome severity: a systematic review and meta-analysis. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2019; 98(5): 373–381. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001104>
27. Azman D., Hrabac P., Demarin V. Use of multiple ultrasonographic parameters in confirmation of carpal tunnel syndrome. *Journal of ultrasound in medicine*. 2018; 37(4): 879–889. <https://doi.org/10.1002/jum.14417>
28. Yoshii Y., Tung W.L., Yuine H., Ishii T. Postoperative diagnostic potentials of median nerve strain and applied pressure measurement after carpal tunnel release. *BMC musculoskeletal disorders*. 2020; 21(1): 22. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-3033-y>
29. Митьков В.В., Митькова М.Д., Салтыкова В.Г. Микроультразвуковое исследование — новые технологии, новые возможности. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2021; (1): 89–99. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-1-89-99> [Mitkov V.V., Mitkova M.D., Saltykova V.G. Microultrasound — new technologies, new capabilities. *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2021; (1): 89–99. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-1-89-99> (In Russ.).]
30. Cass S.P. Ultrasound-Guided Nerve Hydrodissection: What Is it? A Review of the Literature. *Current sports medicine reports*. 2016; 15(1): 20–22. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000226>
31. Sousa L.H.A., de O Costa C., Novak E.M., Giostri G.S. Complex Regional Pain Syndrome after Carpal Tunnel Syndrome Surgery: A Systematic Review. *Neurology India*. 2022; 70(2): 491–503. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.344616>
32. Савицкая Н.Г., Павлов Э.В., Щербаклова Н.И., Янкевич Д.С. Электронейромиография в диагностике запястного туннельного синдрома. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2011; 5(2): 40–45. [Savitskaya N.G., Pavlov E.V., Shcherbakova N.I., Yankevich D.S. Electroneuromyography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2011; 5(2): 40–45 (In Russ.).]
33. Alves M.P.T., Araujo G.C.S. Low-level laser therapy after carpal tunnel release. *Revista Brasileira de Ortopedia* 2011; 46(6): 697–701. [https://doi.org/10.1016/S2255-4971\(15\)30327-X](https://doi.org/10.1016/S2255-4971(15)30327-X)
34. Alam M., Khan M., Ahmed S.I., et al. Effectiveness of neural mobilization and ultrasound therapy on pain severity in carpal tunnel syndrome. *Biomedical Research and Therapy*. 2018; 5(4): 2187–2193. <https://doi.org/10.15419/bmrat.v5i4.432>
35. Rayegani S.M., Moradi-Joo M., Raeissadat S.A., et al. Effectiveness of low-level laser therapy compared to ultrasound in patients with carpal tunnel syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Journal of lasers in medical sciences*. 2019; 10(1): 82. <https://doi.org/10.15171/jlms.2019.515>
36. Gordon T., Amirjani N., Edwards D.C., Chan K.M. Brief post-surgical electrical stimulation accelerates axon regeneration and muscle reinnervation without affecting the functional measures in carpal tunnel syndrome patients. *Experimental Neurology*. 2010; 223(1): 192–202. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2009.09.020>
37. Powell F. Desensitisation techniques: do they reduce scar sensitivity following carpal tunnel release? (A pilot study). Unpublished Masters Thesis. 2003.
38. Ayache A., Unglaub F., Tsolakidis S., et al. Revisionseingriffe beim Karpal- und Kubitaltunnelsyndrom revision surgery for carpal and cubital tunnel syndrome. *Der Orthopade*. 2020; 49(9): 751–761. <https://doi.org/10.1007/s00132-020-03969-7>
39. Burke J., Buchberger D.J., Carey-Loghmani M.T., et al. A pilot study comparing two manual therapy interventions for carpal tunnel syndrome. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2007; 30(1): 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.11.014>
40. Georgeto S.M., Andraus R.A.C., de Oliveira Júnior E., et al. Bilateral Idiopathic Carpal Tunnel Syndrome: Clinical-Functional Characterization and Efficacy of Two Combined Postoperative Physiotherape. *Orthopaedic surgery*. 2023; 15(6): 1654–1663. <https://doi.org/10.1111/os.13705>
41. Schleip R., Mechsner F., Zorn A., Klingler W. The bodywide fascial network as a sensory organ for haptic perception. *Journal of motor behavior*. 2014; 46(3): 191–193. <https://doi.org/10.1080/00222895.2014.880306>
42. Bhojan K., Shanmugam N. Fascial manipulation in the management of carpal tunnel syndrome *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2018; 22(4): 862. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2018.09.047>
43. Kannabiran B., Manimegalai R., Nagarani R. Effectiveness of fascial manipulation on pain, grip strength, and functional performance in chronic lateral epicondylitis patients. *Orthopedic & Muscular System: Current Research*. 2017; (6): 230. <https://doi.org/10.4172/2161-0533.1000230>
44. Kim J., Sung D.J., Lee J. Therapeutic effectiveness of instrument-assisted soft tissue mobilization for soft tissue injury: mechanisms and practical application. *Journal of exercise rehabilitation*. 2017; 13(1): 12–22. <https://doi.org/10.12965/jer.1732824.412>
45. Furia J.P. High-energy extracorporeal shock wave therapy as a treatment for chronic noninsertional Achilles tendinopathy. *The American journal of sports medicine*. 2008; (36): 502–508. <https://doi.org/10.1177/0363546507309674>
46. Gerdesmeyer L., Frey C., Vester J., et al. Radial extracorporeal shock wave therapy is safe and effective in the treatment of chronic recalcitrant plantar fasciitis: results of a confirmatory randomized placebo-controlled multicenter study. *The American journal of sports medicine*. 2008; (36): 2100–2109. <https://doi.org/10.1177/0363546508324176>
47. Sabeti-Aschraf M., Dorotka R., Goll A., Trieb K. Extracorporeal shock wave therapy in the treatment of calcific tendinitis of the rotator cuff. *The American journal of sports medicine*. 2005; (33): 1365–1368. <https://doi.org/10.1177/0363546504273052>
48. Ramon S., Gleitz M., Hernandez L., Romero L.D. Update on the efficacy of extracorporeal shockwave treatment for myofascial pain syndrome and fibromyalgia. *International journal of surgery*. 2015; (24): 201–206. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2015.08.083>
49. Habibzadeh A., Mousavi-Khatir R., Saadat P., Javadian Y. The effect of radial shockwave on the median nerve pathway in patients with mild-to-moderate carpal tunnel syndrome: a randomized clinical trial. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2022; 17(1): 46. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-02941-9>
50. Auersperg V., Trieb K. Extracorporeal shock wave therapy: an update. *EFORT open reviews*. 2020; 5(10): 584–592. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.190067>
51. Mariotto S., de Prati A., Cavalieri E., et al. Extracorporeal shock wave therapy in inflammatory diseases: Molecular mechanism that triggers anti-inflammatory action. *Current medicinal chemistry*. 2009; (16): 2366–2372. <https://doi.org/10.2174/092986709788682119>
52. Wu Y.T., Ke M.J., Chou Y.C., et al. Effect of radial shock wave therapy for carpal tunnel syndrome: a prospective randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of orthopaedic research*. 2016; 34(6): 977–984. <https://doi.org/10.1002/jor.23113>

53. Wang F.S., Wang C.J., Chen Y.J., et al. Ras induction of superoxide activates ERK-dependent angiogenic transcription factor HIF-1 and VEGF-A expression in shock wave-stimulated osteoblasts. *The Journal of biological chemistry*. 2004; (279): 10331–10337. <https://doi.org/10.1074/jbc.M308013200>
54. Kim J.C., Jung S.H., Lee S.U., Lee S.Y. Effect of extracorporeal shockwave therapy on carpal tunnel syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98(33): e16870. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016870>
55. Park H.J., Hong J., Piao Y., et al. Extracorporeal shockwave therapy enhances peripheral nerve remyelination and gait function in a crush model. *Advances in clinical and experimental medicine*. 2020; 29(7): 819–824. <https://doi.org/10.17219/acem/122177>
56. Ke M.J., Chen L.C., Chou Y.C., et al. The dose-dependent efficiency of radial shock wave therapy for patients with carpal tunnel syndrome: A prospective, randomized, single-blind, placebo-controlled trial. *Scientific reports*. 2016; (6): 38344. <https://doi.org/10.1038/srep38344>
57. Notarnicola A., Maccagnano G., Tafuri S., et al. Comparison of shock wave therapy and nutraceutical composed of Echinacea angustifolia, alpha lipoic acid, conjugated linoleic acid and quercetin (perinerv) in patients with carpal tunnel syndrome. *International journal of immunopathology and pharmacology*. 2015; (28): 256–262. <https://doi.org/10.1177/0394632015584501>
58. Raissi G.R., Ghazaei F., Forogh B., et al. The effectiveness of radial extracorporeal shock waves for treatment of carpal tunnel syndrome: A randomized clinical trial. *Ultrasound in medicine & biology*. 2017; (43): 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2016.08.022>
59. Vahdatpour B., Kiyani A., Dehghan F. The Effectiveness of Radial Extracorporeal Shock Waves for Treatment of Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *Advanced biomedical research*. 2016; (5): 120. <https://doi.org/10.4103/2277-9175.186983>
60. Atthakomol P., Manosroi W., Phanphaisarn A., et al. Comparison of single-dose radial extracorporeal shock wave and local corticosteroid injection for treatment of carpal tunnel syndrome including mid-term efficacy: a prospective randomized controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders*. 2018; 19(1): 32. <https://doi.org/10.1186/s12891-018-1948-3>
61. Gesslbauer C., Mickel M., Schuhfried O., et al. Effectiveness of focused extracorporeal shock wave therapy in the treatment of carpal tunnel syndrome: A randomized, placebo-controlled pilot study. *Wiener klinische Wochenschrift*. 2020; (133): 568–577. <https://doi.org/10.1007/s00508-020-01785-9>
62. Karataş Ö., Çatal S., Gökmen E.A., Samanci N. Treatment of carpal tunnel syndrome with eswt: A sham controlled double blinded randomised study. *The Annals of Clinical and Analytical Medicine*. 2020; (11): 166–170.
63. Ulucaköy R.K., Yurdakul F.G., Bodur H. Extracorporeal shock wave therapy as a conservative treatment option for carpal tunnel syndrome: A double-blind, prospective, randomized, placebo-controlled study. *Turkish journal of physical medicine and rehabilitation*. 2020; (66): 388–397. <https://doi.org/10.5606/tftrd.2020.3956>
64. Menekseoglu A.K., Korkmaz M.D., Segmen H. Clinical and electrophysiological efficacy of extracorporeal shock-wave therapy in carpal tunnel syndrome: a placebo-controlled, double-blind clinical trial. *Revista da Associacao Medica Brasileira*. 2023; 69(1): 124–130. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.20220943>
65. Xie Y., Zhang C., Liang B., et al. Effects of shock wave therapy in patients with carpal tunnel syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Disability and rehabilitation*. 2022; 44(2): 177–188. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1762769>
66. Turgut M.C., Saglam G., Toy S. Efficacy of extracorporeal shock wave therapy for pillar pain after open carpal tunnel release: a double-blind, randomized, sham-controlled study. *The Korean journal of pain*. 2021; 34(3): 315–321. <https://doi.org/10.3344/kjp.2021.34.3.315>
67. Romeo P., d'Agostino M.C., Lazzarini A., Sansone V.C. Extracorporeal shock wave therapy in pillar pain after carpal tunnel release: a preliminary study. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2011; (37): 1603–1608. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2011.07.002>
68. Haghighat S., Zarezadeh A., Khosrawi S., Oreizi A. Extracorporeal shockwave therapy in pillar pain after carpal tunnel release: a prospective randomized controlled trial. *Advanced biomedical research*. 2019; (8): 31. https://doi.org/10.4103/abr.abr_86_18
69. Takahashi C.D., Der-Yeghiaian L., Le V., Motiwala R.R., Cramer S.C. Robot-Based Hand Motor Therapy after Stroke. *Brain*. 2008; (131): 425–437. <https://doi.org/10.1093/brain/awm311>
70. Jamin P., Duret C., Hutin E., et al. Using Robot-Based Variables during Upper Limb Robot-Assisted Training in Subacute Stroke Patients to Quantify Treatment Dose. *Sensors*. 2022; (22): 2989. <https://doi.org/10.3390/s22082989>
71. Falzarano V., Marini F., Morasso P., Zenzeri J. Devices and Protocols for Upper Limb Robot-Assisted Rehabilitation of Children with Neuromotor Disorders. *Applied Sciences*. 2019; (9): 2689. <https://doi.org/10.3390/app9132a689>
72. Held J.P.O., Van Duinen J., Luft A.R., Veerbeek J.M. Eligibility screening for an early upper limb stroke rehabilitation study. *Frontiers in neurology*. 2019; (10): 683. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00683>
73. Aggogeri F., Mikolajczyk T., O'Kane J. Robotics for rehabilitation of hand movement in stroke survivors. *Advances in Mechanical Engineering*. 2019; 11(4). <https://doi.org/10.1177/1687814019841921>
74. Mehrholz J., Pohl M., Platz T., et al. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018; 9(9): CD006876. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006876.pub5>
75. Zhang B., Kan L., Dong A., et al. The effects of action observation training on improving upper limb motor functions in people with stroke: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. 2019; (14): e0221166. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221166>
76. Liu C., Lu J., Yang H., Guo K. Current State of Robotics in Hand Rehabilitation after Stroke: A Systematic Review. *Applied Sciences*. 2022; (12): 4540. <https://doi.org/10.3390/app12094540>
77. Khalid S., Alnajjar F., Gochoo M., Shimoda S. Robotic assistive and rehabilitation devices leading to motor recovery in upper limb: a systematic review. *Disability and rehabilitation. Assistive technology*. 2023; 18(5): 658–672. <https://doi.org/10.1080/17483107.2021.1906960>
78. Emerson J.R., Binks J.A., Scott M.W., et al. Combined action observation and motor imagery therapy: A novel method for post-stroke motor rehabilitation. *AIMS neuroscience*. 2018; (5): 236–252. <https://doi.org/10.3934/Neuroscience.2018.4.236>
79. Errante A., Saviola D., Cantoni M., et al. Effectiveness of action observation therapy based on virtual reality technology in the motor rehabilitation of paretic stroke patients: A randomized clinical trial. *BMC neurology*. 2022; (22): 109. <https://doi.org/10.1186/s12883-022-02640-2>
80. Jakob I., Kollreider A., Germanotta M., et al. Robotic and Sensor Technology for Upper Limb Rehabilitation. *PM&R*. 2018; (10): S189–S197. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.07.011>
81. Aprile I., Cruciani A., Germanotta M., et al. Upper limb robotics in rehabilitation: An approach to select the devices, based on rehabilitation aims, and their evaluation in a feasibility study. *Applied Sciences*. 2019; (9): 3920. <https://doi.org/10.3390/app9183920>
82. Serrano-López Terradas P.A., Criado Ferrer T., Jakob I., Calvo-Arenillas J.I. Quo Vadis, Amadeo Hand Robot? A Randomized Study with a Hand Recovery Predictive Model in Subacute Stroke. *International journal of environmental research and public health*. 2023; 20(1): 690. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010690>
83. Skirven T.M., Osterman A.L., Fedorczyk J.P.T., Amadio P.C. *Rehabilitation of the Hand and Upper Extremity*, 2-volume set. 6th ed. Mosby. Expert Consult; 2011: 300–500, 450–500, 900–990, 1140–1205.
84. Pomerance J., Fine I. Outcomes of carpal tunnel surgery with and without supervised postoperative therapy. *Journal of Hand Surgery. American Volume*. 2007; 32(8): 1159–1165. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2007.05.001>

Обзорная статья / Review

УДК: 616.728.3-002-036.83:796.012.412.4(048.8)

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-42-48>

Возможности применения обратной ходьбы в реабилитации пациентов с гонартрозом: обзор литературы

 Клеменов А.В.*

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Остеоартрит (остеоартроз) коленного сустава, или гонартроз (ГА), — один из самых частых вариантов суставной патологии. Медико-социальное значение ГА связано с его высокой распространенностью, ранней и стойкой утратой трудоспособности и значительным снижением качества жизни пациента. Лечение пациентов с ГА включает комбинацию медикаментозных и немедикаментозных подходов; лечебная физкультура выступает ведущим направлением немедикаментозной терапии. К настоящему времени выполнен ряд исследований, посвященных изучению эффективности ходьбы спиной вперед (обратной ходьбы — ОХ) при ГА.

ЦЕЛЬ. Анализ научных данных о возможностях применения ОХ в реабилитации пациентов с ГА.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведен систематический поиск литературных источников по ключевым словам: «обратная/реверсивная ходьба», «ходьба спиной вперед», «гонартроз», «остеоартрит/остеоартроз», «коленный сустав», «реабилитация», «лечебная физкультура».

ОБСУЖДЕНИЕ. В последние годы в практике медицинской реабилитации и спортивных тренировок широко используется ОХ. Изучение биомеханики ОХ показало ряд ее преимуществ перед ходьбой вперед лицом, которые могут быть с успехом использованы для лечения и реабилитации пациентов с ГА. ОХ сопряжена с меньшей нагрузкой на коленные суставы и является одним из немногих естественных способов укрепления силы квадрицепса бедра. ОХ предотвращает чрезмерное растяжение передней крестообразной связки и улучшает стабильность колена. При сопоставимых объемах физической нагрузки ОХ приводит к более существенной нагрузке на сердце и легкие и более значительному потреблению кислорода.

ВЫВОДЫ. Получены доказательства того, что добавление ОХ к традиционному физиотерапевтическому лечению вносит вклад в уменьшение боли, улучшение функции коленного сустава и увеличении силы квадрицепса бедра.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обратная ходьба, реабилитация, лечебная физкультура, гонартроз, остеоартрит, коленный сустав, обзор литературы.

Для цитирования / For citation: Клеменов А.В. Возможности применения обратной ходьбы в реабилитации пациентов с гонартрозом: обзор литературы. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(2):42-48. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-42-48> [Klemenov A.V. Possibilities of Backward Walking Application in the Rehabilitation of Patients with Gonarthrosis: Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):42-48. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-42-48> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Клеменов Алексей Викторович, E-mail: klemenov_av@list.ru

Статья получена: 02.02.2024
Статья принята к печати: 01.04.2024
Статья опубликована: 15.04.2024

Possibilities of Backward Walking Application in the Rehabilitation of Patients with Gonarthrosis: Review

 Alexey V. Klemenov*

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Osteoarthritis of the knee joint or gonarthrosis (GA) is one of the most common joint pathologies. The medical and social significance of GA is associated with its high prevalence and a significant percentage of premature disability and a significant deterioration in the quality of life due to persistent pain syndrome. Modern treatment of patients with GA includes a combination of pharmacological and non-pharmacological methods; physical therapy is the leading method of non-drug therapy. By now, a number of studies have been conducted to research the effectiveness of backward walking (BW) in people with GA.

AIM. Analysis of scientific data on the possibilities of using BW in the rehabilitation of patients with GA.

MATERIALS AND METHODS. A systematic search of literary sources by keywords was carried out: "backward walking", "gonarthrosis", "knee osteoarthritis", "knee joint", "rehabilitation", "physical therapy".

DISCUSSION. Recently, backward locomotion is increasingly used in medicine. Kinetic and kinematic analysis during BW showed a number of advantages over the usual method of movement, which can be successfully used for rehabilitation of patients with GA. BW is associated with less overload on knee joints. It is also one of the few natural ways of strengthening the quadriceps. It prevents excessive stretching of the anterior cruciate ligament and improves the stability of the knee joint. BW leads to a more cardiovascular and respiratory load and a more significant aerobic and anaerobic capacity of the organism compared with forward walking at similar parameters of physical activity.

CONCLUSION. There is evidence that adding BW to conventional physiotherapy treatment may further reduce pain, functional disability and improve the strength of the quadriceps muscles.

KEYWORDS: backward walking, rehabilitation, physical therapy, gonarthrosis, osteoarthritis, knee joint, review.

For citation: Klemenov A.V. Possibilities of Backward Walking Application in the Rehabilitation of Patients with Gonarthrosis: Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):42-48. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-42-48>

* **For correspondence:** Alexey V. Klemenov, E-mail: klemenov_av@list.ru

Received: 02.02.2024

Accepted: 01.04.2024

Published: 15.04.2024

ВВЕДЕНИЕ

Остеоартрит, или по уже вышедшей из употребления терминологии остеоартроз, — одна из наиболее распространенных патологий суставов, при которой в процесс вовлечены синовиальная оболочка, суставной хрящ и другие околосуставные структуры. Медико-социальное значение остеоартрита определяется его распространенностью, ранней и стойкой утратой трудоспособности и значительным снижением качества жизни пациента, главным образом в связи с выраженными артралгиями. Наиболее часто остеоартрит локализуется в коленном суставе — гонартроз (ГА). Частота ГА существенно нарастает с возрастом и в среднем составляет 99,6 случая на 10 тыс. жителей [1], причем у каждого третьего в процесс вовлекаются оба коленных сустава.

Современное комплексное ведение пациентов с ГА включает комбинацию медикаментозных и немедикаментозных подходов; в числе последних значимое место занимают ношение ортопедической обуви с хорошо амортизирующей подошвой, рациональное и сбалансированное питание, комплекс мер по снижению лишнего веса, дополнительная опора на трость,

тейпирование и ортезирование сустава, физиотерапия, лечебная физкультура, направленная на укрепление мышц бедра и голени [2, 3]. При очевидной неэффективности использованной консервативной терапии, в частности при плохо поддающемся купированию болевом синдроме, проводится эндопротезирование коленного сустава [2].

В соответствии с современными подходами ведения пациентов с ГА статус основного метода нефармакологического воздействия придается лечебной физкультуре [2, 4]. При регулярных занятиях посильная физическая активность и силовые нагрузки умеренной интенсивности стимулируют мышечный тонус, укрепляют механическую прочность костной ткани, повышают степень сатурации гемоглобина, благотворно влияют на функциональные возможности кардиореспираторной системы, увеличивают компенсаторные и адаптивные реакции организма. Физическая активность однозначно рассматривается сообществом медицинских экспертов как общедоступный, рациональный и, что особенно важно, имеющий серьезную доказательную базу нефармакологический метод терапии обменно-метаболических и воспали-

тельных суставных процессов, включая остеоартрит. В серии проведенных к настоящему времени зарубежных метаанализов наглядно продемонстрировано значимое влияние рациональной физической активности на уменьшение боли и улучшение функции крупных суставов при ряде ревматологических заболеваний [4–6].

Лечебная физкультура при ГА включает как аэробные упражнения, так и силовые нагрузки умеренной интенсивности. Физические упражнения направлены на расширение объема движений, увеличение гибкости и равновесия, улучшение работы мышц, поддержание оптимальной массы тела [3–6]. Лечебной физкультурой можно заниматься в специализированных группах под руководством инструктора (тренера) и самостоятельно, в том числе и в домашних условиях. Существуют методики проведения занятий лечебной физкультурой в бассейне, босиком, на песке, с использованием скандинавской ходьбы, приспособлений дополнительной поддержки (ходунков) и т. д. [4–6]. Все эти варианты рассчитаны на разный контингент пациентов и позволяют учесть их индивидуальные особенности — возраст, тяжесть и локализацию поражения суставов, фенотип заболевания, степень функциональных нарушений, исходный уровень физической подготовки, наличие коморбидной патологии и старческой астении, приверженность лечению.

В последние годы в практике медицинской реабилитации и спортивных тренировок все шире используется методика ходьбы спиной вперед (обратная ходьба, backward walking). В отличие от обычной ходьбы, обратная ходьба (ОХ) рассматривается как вспомогательное упражнение, обладающее, тем не менее, существенным лечебным потенциалом для восстановительной медицины [7].

ЦЕЛЬ

Целью настоящего литературного обзора явился анализ имеющихся научных данных о лечебном потенциале методики обратной ходьбы и возможностях ее применения в комплексном лечении и реабилитации пациентов с остеоартритом/остеоартрозом коленных суставов (ГА).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами проведен систематический поиск литературных источников по англо- и русскоязычным базам данных (PubMed, eLIBRARY, CyberLeninka) за период с 2012 г. по февраль 2024 г. включительно. Поиск проводился по следующим ключевым словам (терминам) на английском и русском языках: «backward walking», «gonarthrosis», «knee osteoarthritis», «knee joint», «rehabilitation», «physical therapy», «обратная/реверсивная ходьба», «ходьба спиной вперед», «гонартроз», «остеоартрит/остеоартроз», «коленный сустав», «реабилитация», «лечебная физкультура». Поиск проводился с использованием ключевых слов как в заголовках, так и в тексте статей. В большинстве случаев анализу подвергались только полнотекстовые копии потенциально актуальных для настоящего обзора исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности биомеханики и лечебный потенциал ОХ

Изучение закономерностей биомеханики ОХ дало основание говорить о ее потенциальных выгодах перед обычным способом перемещения в пространстве и рекомендовать для применения с лечебной и профилактической целью при целом ряде патологических состояний. В частности, в настоящее время ОХ уже используется для коррекции нарушенной моторики у пациентов с детским церебральным параличом, постинсультными двигательными расстройствами, страдающих рассеянным склерозом и нейродегенеративными заболеваниями головного мозга, радикулярными синдромами, при спортивных и бытовых травмах коленного сустава, а также при ГА.

Внимание медицинской общественности к ОХ при ГА обусловлено рядом существенных обстоятельств. Значительный лечебный потенциал при ОХ заключается в реальной способности уменьшить нагрузку на коленный сустав в процессе перемещения в момент контакта стопы с поверхностью опоры. Кинематика обычной ходьбы заключается в том, что основную часть компрессионной нагрузки в фазу опоры последовательно принимают на себя голеностоп и колено. Если обычная ходьба начинается с постановки ноги с пятки на поверхность опоры, то при ОХ шаг начинается с пальцев ног [8]. То важное обстоятельство, что в процессе циклического движения начало фазы опоры осуществляется без касания пяткой грунта, обеспечивает меньшее ударное воздействие на локомоторный аппарат нижней конечности [9]. В процессе ОХ коленный сустав испытывает меньший момент силы в связи с тем, что и перемещение в пространстве, и поглощение ударной волны в начале фазы опоры обеспечивает именно голеностоп [10, 11].

Разница при ходьбе лицом вперед и ОХ затрагивает и околосуставные мягкие ткани. Если при обычном перемещении в пространстве ключевое значение имеют сокращения икроножной мышцы с мощным ахилловым сухожилием, то при ОХ — передняя группа мышц бедра и мышцы-разгибатели колена [12, 13]. Очевидным преимуществом ОХ является ее способность укреплять четырехглавую мышцу (квадрицепс) бедра, что особенно важно для пациентов с ГА. Представления о связи ГА с локальной слабостью (гипотрофией) квадрицепса являются общепринятыми; мышечная сила в нем при этом суставном процессе может снижаться вдвое или даже больше [3].

Увеличение нагрузки на четырехглавую мышцу бедра приводит к еще одному положительному при ГА эффекту — предупреждению избыточного растяжения передней крестообразной связки [10, 14] и улучшению ее стабильности [15, 16]. Заметим, что передняя крестообразная связка обеспечивает предотвращение переднего смещения голени при движении и выполняет функцию укрепления и повышения стабильности коленного сустава в целом.

Одним из частых спутников ГА при его вальгусной деформации является пателлофеморальный синдром — болевые ощущения, связанные с увеличением

компрессии пателлофemorального сустава, приводящей к смещению хрящевой ткани и персистирующей дегенерации хряща на суставных поверхностях, оголению поверхности костной ткани и травматизации богатой нервными окончаниями надкостницы. ОХ, в отличие от привычной нам ходьбы уменьшает нагрузку на пателлофemorальный сустав и, соответственно, предотвращает деструкцию хряща [17].

Важно подчеркнуть, что и сам коленный сустав, и околосуставные мягкие ткани функционируют как единое целое так, что неэффективность пателлофemorальной области через уязвимость тибеофemorального отдела коленного сустава может predisполагать к слабости четырехглавой мышцы бедра, что в итоге нарушает стабильность коленного сустава, ограничивает объем движений в нем, меняет кинематику походки и неблагоприятно отражается на других крупных суставах (тазобедренный, голеностопный) нижней конечности [3].

Отдельный благотворный вклад при остеоартрите любой локализации, не исключая ГА, могут вносить хорошо известные аэробные эффекты физической активности. Аэробные, совершаемые с достаточным количеством кислорода, нагрузки способствуют питанию суставов и околосуставных мягких тканей, а за счет увеличения продукции эндогенных опиоидов в головном мозге улучшают настроение и помогают легче переносить болевые ощущения [18]. Существенно, что при сопоставимых объемах физической нагрузки ОХ требует более значительного обеспечения со стороны сердца и легких, повышает аэробную производительность, а потому может рассматриваться как эффективная методика кардиотренировки [15, 19]. При одинаковой интенсивности выполнения физических нагрузок величина потребления кислорода и частота пульса в процессе занятий ОХ выше в сравнении с ходьбой лицом вперед [10, 14].

Очевидно, что к дополнительным преимуществам ОХ относятся также проприоцептивная и равновесная тренировка. Необычность перемещения спиной вперед в отсутствие зрительных сигналов может способствовать развитию равновесия в пространстве и большей уверенности при движении [14].

Клинические исследования применения ОХ при ГА: особенности дизайна и ограничения

К настоящему времени накоплен определенный клинический материал, раскрывающий потенциал ОХ в реабилитации пациентов с ГА. Дизайн большинства проведенных исследований заключался в сопоставлении ОХ, примененной в комплексе с традиционным физиотерапевтическим лечением (тепловые аппликации, ультразвук, ванны, лазеротерапия, чрескожная электронейростимуляция, массаж), и изолированного физиотерапевтического лечения [20–27]. К сожалению, работ иного плана, к примеру, сопоставления ОХ с другими видами физических тренировок совместно с физиотерапевтическим лечением или отдельно от него у пациентов с остеоартритом, немного [28, 29]. Минимальная продолжительность сеанса ходьбы в этих исследованиях составляла от 10 минут, периодичность — обычно два или три раза в неделю,

длительность курса варьировала от 2 до 12 недель. Возраст пациентов, включенных в указанные исследования, начинался от 40 лет, в единичных работах, посвященных гериатрическим больным [22], — от 60 лет. Поскольку ГА ассоциирован с болевым синдромом и нарушением функции сустава, оценивалась главным образом динамика именно этих проявлений.

Влияние ОХ на болевой синдром при ГА

Главной проблемой пациентов, страдающих ГА, являются артралгии. Боль носит механический характер, локализуется обычно по передней и медиальной поверхности коленного сустава и в типичных случаях возникает при ходьбе, подъеме и особенно спуске по лестнице, длительном пребывании на ногах. Интенсивность боли возрастает при присоединении вторичного синовита, свидетельством которого является припухлость сустава и ощущение скованности в нем. Механизмы суставной боли разнообразны и складываются из нескольких компонентов. Принципиально, что боли обусловлены не разрушением хрящевой ткани, как известно, лишенной нервных окончаний, а совокупностью изменений в хорошо иннервированной надкостнице и субхондральной кости (остеосклероз, остеофитоз, микротрещины, повышение внутрикостного давления), синовию (воспалительный отек), внутри- и околосуставных мягких тканях (избыточное натяжение связок, мышечное перенапряжение, растяжение капсулы сустава, уменьшение выработки синовиальной жидкости). Ослабление болевых ощущений под влиянием ОХ отмечено в большинстве проведенных исследований [20–23, 25–27]. Для оценки выраженности болевых ощущений чаще всего использовались общепринятый в исследованиях подобного рода индекс WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities osteoarthritis Index) и числовую шкалу оценки боли (Numeric rating Scale for pain, NRS). Полученные результаты дали основание утверждать, что лечебно-реабилитационные программы, включающие, наряду с комплексом перечисленных выше физиотерапевтических процедур, еще и ОХ, отличаются более высокой эффективностью.

В одном из немногочисленных метаанализов, обобщивших результаты исследований по проблеме влияния ОХ на жалобы (главным образом, болевой синдром), мышечную силу и разнообразные параметры походки у лиц с нарушениями равновесия [30], в числе прочих вошло семь работ [20–25, 28], оценивавших динамику болевого синдрома у 202 пациентов с ГА. Уменьшение интенсивности болевых ощущений у пациентов, занимающихся ОХ, включенной в дополнение к указанному выше физиотерапевтическому лечению, было отмечено во всех клинических исследованиях; в большинстве из них [21–25] эффект оказался статистически значимым. Величина статистического эффекта, рассчитанная по стандартизованной средней разности (standardised mean difference, SMD), составила –0,87 (95%-й доверительный интервал [95% ДИ] от –1,14 до –0,60).

Влияние ОХ на функцию коленного сустава и силу четырехглавой мышцы бедра при ГА

С ослаблением болевого синдрома и иной биомеханикой движения в коленных суставах в процессе за-

нений ОХ тесно связано и улучшение их функциональных возможностей. Нормализация стереотипа сокращения мышц бедра (в первую очередь квадрицепса) в виде уменьшения момента движения к средней линии тела в колене обеспечивает гашение напряжения и избыточной нагрузки на медиальную часть коленного сустава [31, 32].

Динамика функциональных суставных нарушений при ГА под влиянием курса занятий ОХ оценивалась в восьми рандомизированных клинических исследованиях, включивших наблюдения всего за 242 участниками [20–23, 25, 27–29]. Упомянутый выше метаанализ [30] позволяет говорить о том, что дополнительное включение ОХ в программу проводимой реабилитации пациентов с ГА оказало статистически значимый эффект по уменьшению степени тяжести нарушения функции коленных суставов (стандартизованная средняя разность –1,19; 95% доверительный интервал от –1,84 до –0,55).

Следует еще раз отметить, что как уменьшение болей в коленных суставах, так и улучшение функциональных возможностей пациентов во многом обусловлено увеличением силы четырехглавой мышцы бедра. В трех исследованиях с участием 80 пациентов с ГА [20, 21, 24] было проанализировано влияние ОХ на силу и выносливость этой мышцы. Статистически значимое увеличение силы квадрицепса, отмеченное в указанных исследованиях (стандартизованная средняя разность 1,22; 95% ДИ от 0,73 до 1,70) [30], может служить дополнительным веским аргументом в пользу включения ОХ в реабилитационные программы при ГА.

Отдельной проблемой пациентов с ГА, во многом связанной с болевыми ощущениями, уменьшением мышечной силы и нестабильностью коленного сустава, является нарушение статической устойчивости и проприоцепции, повышающее риск падений. Последнее обстоятельство особенно актуально для пожилых, у которых падения выступают основной причиной бытового и общего травматизма и выходят на первое место среди причин смертности от повреждений. В отдельных работах, к сожалению, ограниченных по числу участников, показано, что занятия ОХ в дополнении к традиционному лечению способны значительно улучшить показатели статической стабильности и проприоцепции (длина и площадь раскачивания, средняя ошибка траектории) у пациентов, страдающих ГА [14, 33].

Влияние ОХ на качество жизни пациентов с ГА

Боль в коленном суставе и нарушение физической активности — наиболее значимые факторы, отрицательно влияющие на качество жизни пациентов с ГА. Уменьшение интенсивности болей и повышение повседневной активности благоприятно сказывается на самоощущении — субъективном представлении человека о своем здоровье [5, 34]. Качество жизни пациентов с ГА в процессе занятий ОХ подверглось детальному анализу в двух клинических исследованиях и продемонстрировало заметную тенденцию к улучшению по мере постепенного снижения болевых ощущений и улучшения функции коленных суставов [20, 28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных к настоящему времени клинических исследований и данные метаанализа [30] свидетельствуют о том, что ОХ, включенная в комплекс реабилитационных мероприятий при ГА, позволяет более эффективно справиться с болевым синдромом, улучшить функциональные возможности и статическую стабильность пациента, повысить мышечную активность и увеличить силу четырехглавой мышцы бедра. Большинство исследователей положительно оценивает возможности методики ОХ при патологии суставов и считает обоснованным ее включение ОХ в существующие программы реабилитации пациентов с ГА. Однако недостаточно высокое качество упомянутых исследований и относительно небольшое количество участников, включенных в них, пока не позволяют в должной мере оценить лечебный потенциал ОХ. Целесообразность применения ОХ в целях лечения и реабилитации пациентов с ГА, равно как и методические аспекты этого применения (оптимальная продолжительность сеанса, длительность курса, рациональные комбинации лечебных мероприятий и т. д.), безусловно, нуждаются в дальнейшем изучении. В настоящее время проводится ряд клинических исследований [7, 35], результаты которых, возможно, расширят наши представления о возможностях использования ОХ в восстановительной медицине и вооружат медицинскую общественность дополнительными аргументами в пользу применения этого метода физической активности при ГА.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Клеменов Алексей Викторович, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: klemenov_av@list.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3403-0713>

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). Клеменов А.В. —

обзор и анализ публикаций по теме статьи, написание текста рукописи, проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи.

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.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Alexey V. Klemenov, Dr.Sci. (Med.), Associate Professor, Professor at the Department of Internal Diseases, Privolzhsky Research Medical University.

E-mail: klemenov_av@list.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3403-0713>

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). Alexey V. Klemenov — review and analysis of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript, checking critical content, scientific editing of the text of the manuscript.

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.

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. Галушко Е.А., Насонов Е.Л. Распространенность ревматических заболеваний в России. Альманах клинической медицины. 2018; 46(1): 32–39. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39> [Galushko E.A., Nasonov E.L. Galushko E.A., Nasonov E.L. Prevalence of rheumatic diseases in Russia. Almanac of Clinical Medicine. 2018; 46(1): 32–39. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39> (In Russ.).]
2. Остеоартрит коленного сустава. Алгоритмы диагностики и лечения. Терапия. 2023; 9(45): 164–188. <https://clck.ru/3AjDBo> [Osteoarthritis of the Knee Joint. Algorithms of Diagnosis and Treatment. Therapy. 2023; 9(45): 164–188. <https://clck.ru/3AjDBo> (In Russ.).]
3. Маргазин В.А., Ачкасов Е.Е., Коромыслов А.В. (ред.) Лечебная физкультура при заболеваниях суставов. Санкт-Петербург. СпецЛит. 2017: 223 с. [Margazin V.A., Achkasov E.E., Koromyslov A.V. (eds.). Lechebnaja fizkul'tura pri zabolevaniyah sustavov. Saint-Peterburg. SpecLit. 2017: 223 p. (In Russ.).]
4. Osthoff A.K., Juhl C.B., Knittle K., et al. Effects of exercise and physical activity promotion: meta-analysis informing the 2018 EULAR recommendations for physical activity in people with rheumatoid arthritis, spondyloarthritis and hip/knee osteoarthritis. RMD Open. 2018; 4(2): e000713. <https://doi.org/10.1136/rmdopen-2018-000713>
5. Goh S.L., Persson M.S.M., Stocks J., et al. Relative efficacy of different exercises for pain, function, performance and quality of life in knee and hip osteoarthritis: systematic review and network metaanalysis. Sports Medicine. 2019; 49(5): 743–761. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01082-0>
6. Tanaka R., Ozawa J., Kito N., Moriyama H. Effects of exercise therapy on walking ability in individuals with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. Clinical Rehabilitation. 2016; 30(1): 36–52. <https://doi.org/10.1177/0269215515570098>
7. Wu Y., Lei C., Huangfu Z., et al. Effect of backward walking training on knee osteoarthritis: protocol of a systematic review and meta-analysis. BMJ Open. 2020; 10(10): e040726. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-040726>
8. Abdel-Aziem A.A., Abdelraouf O.R., El-Basatiny H.M.Y., Draz A.H. The Effects of Stabilization Exercises Combined With Pelvic Floor Exercise in Women With Nonspecific Low Back Pain: A Randomized Clinical Study. Journal of Chiropractic Medicine. 2021; 20(4): 229–238. <https://clck.ru/3AjDLE>
9. Uthoff A., Zois J., Van Den Tillaar R., Nagahara R.J. Acceleration mechanics during forward and backward running: A comparison of step kinematics and kinetics over the first 20 m. Journal of Sports Sciences. 2021; 39(16): 1816–1821. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1898193>
10. Cha H.G., Kim T.H., Kim M.K. Therapeutic efficacy of walking backward and forward on a slope in normal adults. Journal of Physical Therapy Science. 2016; 28(6): 1901–1903. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1901>
11. Donno L., Monoli C., Frigo C.A., Galli M. Forward and Backward Walking: Multifactorial Characterization of Gait Parameters. Sensors. 2023; 23(10): 4671. <https://doi.org/10.3390/s23104671>
12. Soda N., Ueki T., Aoki T. Three-dimensional motion analysis of the ankle during backward walking. Journal of Physical Therapy Science. 2013; 25(6): 747–749. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.747>
13. Shigemori K., Nagino K., Nakamata E., et al. Motor Learning in the Community-dwelling Elderly during Nordic Backward Walking. Journal of Physical Therapy Science. 2014; 26(5): 741–743. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.741>
14. Moon Y., Bae Y. The effect of backward walking observational training on gait parameters and balance in chronic stroke: randomized controlled study. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine; 2022; 58(1): 9–15. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.21.06869-6>
15. Chang K.W., Lin C.M., Yen C.W., et al. The Effect of Walking Backward on a Treadmill on Balance, Speed of Walking and Cardiopulmonary Fitness for Patients with Chronic Stroke: A Pilot Study. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021; 18(5): 2376. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052376>
16. Shen M., Che S., Ye D., et al. Effects of backward walking on knee proprioception after ACL reconstruction. Physiotherapy Theory and Practice. 2021; 37(10): 1109–1116. <https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1681040>
17. Uthoff A., Oliver J., Cronin J., et al. New Direction to Athletic Performance: Understanding the Acute and Longitudinal Responses to Backward Running. Sports Medicine. 2018; 48(5): 1083–1096. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0877-5>
18. Brosseau L., Taki J., Desjardins B., et al. The Ottawa panel clinical practice guidelines for the management of knee osteoarthritis. Part three: aerobic exercise programs. Clinical Rehabilitation. 2017; 31(5): 612–624. <https://doi.org/10.1177/0269215517691085>
19. Thomas K.S., Hammond M., Magal M. Graded forward and backward walking at a matched intensity on cardiorespiratory responses and postural control. Gait and Posture. 2018; (65): 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.06.168>
20. Gondhalekar G.A., Deo M.V. Retrowalking as an adjunct to conventional treatment versus conventional treatment alone on pain and disability in patients with acute exacerbation of chronic knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. North American Journal of Medicine and Science. 2013; (5): 108–112. <https://doi.org/10.4103/1947-2714.107527>
21. Rathil M., Palekar T., Varghese A. Efficacy of backward walking on patients with osteoarthritis of knee on quadriceps strength, pain and physical functions. Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy. 2014; (8): 192–196. <https://doi.org/10.5958/0973-5674.2014.00036.7>
22. Wadhwa D.N., Hande D.N. Effects of retro walking on osteoarthritis of knee in geriatric population. IOSR Journal of Sports and Physical Education. 2016; (3): 37–43.
23. Manisha N., Joginder Y., Priyanka R. Effect of retro walking on pain, balance and functional performance in osteoarthritis of knee. Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy. 2015; (9): 154.

24. Khyatee, Mittal K., Gupta S.K. Retro treadmill walking as a rehabilitative tool in knee pain and quadriceps insufficiency. *International Journal of Research in Science and Technology*. 2013; 2(4): 1–8.
25. Anadkat H., Ajith S., Dhanesh Kumar K.U. Effectiveness of retro walking treadmill training on pain and disability in knee osteoarthritis: a randomized controlled trail. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2015; (6): 43–50.
26. Alghadir A.H., Anwer S., Sarkar B., et al. Effect of 6-week retro or forward walking program on pain, functional disability, quadriceps muscle strength, and performance in individuals with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial (retro-walking trial). *BMC Musculoskelet Disord*. 2019; 20(1): 159. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2537-9>
27. Shabbir S., Hashim M., Sajjad R., et al. Effects of Retro-Walking on Pain, Functional Disability and Performance in Knee Osteoarthritis. *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences*. 2022; 16(2): 38–41. <https://doi.org/10.53350/pjmhs2216238>
28. Rangey P., Sheth M., Vyas N. Comparison of effectiveness of forward and backward walking on pain, physical function, and quality of life in subjects with osteoarthritis of knee. *International Journal of Health and Allied Sciences*. 2016; (5): 220.
29. Goonasegaran A.R., Suhaimi A., Mokhtar A.H. A randomized control trial on retro-walking improves symptoms, pain, and function in primary knee osteoarthritis. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2022; 62(2): 229–237. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11686-4>
30. Balasukumaran T., Olivier B., Ntsiea M.V. The effectiveness of backward walking as a treatment for people with gait impairments: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2019; 33(2): 171–182. <https://doi.org/10.1177/0269215518801430>
31. Jansen K., Groote F.D., Massaad F., et al. Similar muscles contribute to horizontal and vertical acceleration of center of mass in forward and backward walking: implications for neural control. *Journal of Neurophysiol*. 2012; 107(12): 3385–3396. <https://doi.org/10.1152/jn.01156.2011>
32. Homma H., Suzuki H., Suzuki M., et al. Muscle activity of backward walking. *Rigakuryoho Kagaku*. 2013; 28(3): 323–328. <https://clck.ru/3AjDQG>
33. Chen Z., Ye X., Wang Y., et al. The Efficacy of Backward Walking on Static Stability, Proprioception, Pain, and Physical Function of Patients with Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Complementary and Alternative Therapies for Pain Management*. 2021: 5574966. <https://doi.org/10.1155/2021/5574966>
34. Enomoto H., Fujikoshi S., Ogawa K., et al. Relationship Between Pain Reduction and improvement in Health-Related Quality of Life in Patients with Knee Pain Due to Osteoarthritis Receiving Duloxetine: Exploratory Post Hoc Analysis of a Japanese Phase 3 Randomized Study. *Journal of Pain Research*. 2020; (13): 181–191. <https://doi.org/10.2147/JPR.S211072>
35. Almutairi S.M., Almutairi M.K., Alotaibi M.M., et al. Effects of backward walking exercise using lower body positive pressure treadmill on knee symptoms and physical function in individuals with knee osteoarthritis: a protocol for RCT. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2023; (18): 264. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03711-x>

Представления о клинике, диагностике и комплексном лечении плантарного фасциита: обзор литературы

 Айрапетов Г.А.,  Агафонов Д.Г.*,  Сердобинцев М.С.,  Кафтырев А.С.

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕФЕРАТ

ВВЕДЕНИЕ. Одной из проблем в современной подологии является плантарный фасциит (ПФ). Согласно данным демографических исследований, более 2 млн пациентов ежегодно лечат ПФ в США, у каждого 10-го человека пяточная боль развивается в течение жизни, а 1 % визитов к врачам-ортопедам связан с пяточной болью. ПФ встречается примерно у 10 % населения в целом, причем 83 % этих пациентов — активные работающие взрослые в возрасте от 25 до 65 лет. Высокая распространенность ПФ в популяции диктует необходимость поиска и разработки новых и эффективных методов его распознавания и лечения.

ЦЕЛЬ. Обобщить данные литературы о механизмах развития плантарного фасциита, методах диагностики и лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В базах данных PubMed, Scopus и электронной научной библиотеке eLIBRARY проведен поиск статей с использованием ключевых слов: «плантарный фасциит», «плантарный фасциоз», «heel pain», «heel spur». Глубина поиска — 10 лет. Отобрано 40 публикаций, касающихся диагностики и лечения ПФ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Болевой синдром в области пяточной кости — главная причина обращения за медицинской помощью пациентов с ПФ. Формирование остеофитов в этой области, по мнению авторов, является результатом асептического воспаления места прикрепления плантарной фасции с реактивным остеобластическим процессом. Ряд авторов полагает, что воспаление играет большую роль в формировании пяточной шпоры, другие считают, что оно вторично по отношению к хронической травматизации плантарной фасции. В настоящее время используют несколько подходов к лечению ПФ: консервативное и хирургическое лечение. Консервативное лечение представлено различными методами мануальной терапии, физиотерапии, а также лечебной физкультуры. К хирургическим методам следует отнести различные варианты резекции костного выроста пяточной области и другие вмешательства.

ВЫВОДЫ. Для лечения ПФ требуется мультидисциплинарный подход к лечению, поскольку ни один метод лечения не является универсальным. Консервативное лечение пациентов с ПФ должно быть комплексным и включать различные методы мануальной терапии, физиотерапии, а также лечебной физкультуры. В связи с высокой распространенностью ПФ в популяции введение новых методик лечения, а также разработка и использование единой тактики лечения пациентов могут существенно улучшить результаты лечения и повысить качество жизни пациентов. Среди прочих хирургических методов использование радиочастотной денервации (абляции) оказывает положительный эффект у пациентов с рефрактерным к консервативной терапии ПФ, а также является наименее инвазивным среди хирургических методов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пяточная шпора, плантарный фасциит, плантарный фасциоз.

Для цитирования / For citation: Айрапетов Г.А., Агафонов Д.Г., Сердобинцев М.С., Кафтырев А.С. Представления о клинике, диагностике и комплексном лечении плантарного фасциита: обзор литературы. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(2):49-56. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-49-56> [Airapetov G.A., Agafonov D.G., Serdobintsev M.S., Kaftyrev A.S. Views about the Clinical, Diagnostic and Comprehensive Treatment of Plantar Fasciitis: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):49-56. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-49-56> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Агафонов Даниил Германович, E-mail: ortho_spot@bk.ru, info@spbniif.ru

Статья получена: 23.01.2024

Статья принята к печати: 27.03.2024

Статья опубликована: 15.04.2024

Views about the Clinical, Diagnostic and Comprehensive Treatment of Plantar Fasciitis: a Review

 Georgii A. Airapetov,  Daniil G. Agafonov*,  Mikhail S. Serdobintsev,  Alexander S. Kaftyrev

Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. One of the problems in modern podiatry is plantar fasciitis. According to population studies, more than two million patients are treated for plantar fasciitis each year in the United States, 1 in 10 people will develop heel pain during their lifetime, and 1 % of visits to podiatrists are related to heel pain. Plantar fasciitis occurs in approximately 10 % of the general population, with 83 % of these patients being active working adults between the ages of 25 and 65. The high prevalence of plantar fasciitis in the population necessitates the search and development of new and effective methods for its recognition and treatment.

AIM. Generalization of literature data on the mechanisms of development of plantar fasciitis, methods of diagnosis and treatment.

MATERIALS AND METHODS. The databases PubMed, Scopus and the electronic scientific library eLIBRARY were searched for articles using the keywords: "plantar fasciitis", "plantar fasciosis", "heel pain", "heel spur". Search depth — 10 years. Publications related to the diagnosis and treatment of PF were selected. During the study, 40 publications were selected, the content of which, to one degree or another, corresponded to the purpose of this study.

RESULTS AND DISCUSSION. Pain syndrome in the area of the heel bone is the main reason for seeking medical care in patients with plantar fasciitis. Currently, there are several approaches to the treatment of plantar fasciitis: conservative and surgical treatment. Conservative treatment is represented by methods of manual therapy, physical therapy, and physical therapy. Surgical methods include various variants of resection of the bony outgrowth of the calcaneal region and other interventions.

CONCLUSION. Treatment of plantar fasciitis requires a multidisciplinary approach to treatment, as no single treatment method is universal. Conservative treatment of patients with plantar fasciitis should be comprehensive. Due to the high prevalence of plantar fasciitis in the population, the introduction of new treatment techniques and the development and use of a unified patient management tactic can improve patient outcomes and quality of life. Among other surgical methods, the use of RFD has a positive effect in patients with PF refractory to conservative therapy and is the least invasive method among surgical methods.

KEYWORDS: heel spur, plantar fasciitis, plantar fasciosis.

For citation: Airapetov G.A., Agafonov D.G., Serdobintsev M.S., Kaftyrev A.S. Modern Views about the Clinical, Diagnostic and Comprehensive Treatment of Plantar Fasciitis: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):49-56. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-49-56>

* **For correspondence:** Daniil G. Agafonov, E-mail: ortho_spot@bk.ru, info@spbniif.ru

Received: 23.01.2024

Accepted: 27.03.2024

Published: 15.04.2024

ВВЕДЕНИЕ

Стопа является сложным функциональным сегментом скелета и относится к наиболее нагружаемым отделам опорно-двигательного аппарата. Одной из проблем в современной подологии является плантарный фасциит (ПФ), который в 90 % случаев развивается на фоне плоскостопия. При комбинированном плоскостопии изменяется распределение нагрузки (вальгизация пяточной кости) с перерастяжением плантарной фасции, что влечет за собой развитие асептического воспаления в области прикрепления плантарной фасции к пяточной кости, а также поверхностного слоя костной ткани под ней [1]. ПФ находится на втором месте по распространенности среди причин болевого синдрома в области стопы после повреждений капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава [2]. Согласно данным демографических исследований, более 2 млн пациентов ежегодно лечат ПФ в США [3], у каждого 10-го пациента болевой синдром в пяточной области развивается по-

степенно, в течение жизни [4], а 1 % визитов к врачам — травматологам-ортопедам связан с пяточной болью [5]. ПФ встречается примерно у 10 % населения в целом, причем 83 % этих пациентов — активные работающие взрослые в возрасте от 25 до 65 лет [6].

Частота встречаемости ПФ колеблется от 22 до 28,6 % в популяции в возрасте 25–45 лет [7]. Высокая распространенность ПФ в популяции диктует необходимость поиска и разработки новых и эффективных методов его распознавания и лечения.

ЦЕЛЬ

Обобщение данных литературы о механизмах развития плантарного фасциита, методах диагностики и лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В базах данных PubMed, Scopus и электронной научной библиотеке eLIBRARY проведен поиск статей

с использованием ключевых слов: «плантарный фасциит», «плантарный фасциоз», «пяточная шпора», «heel pain», «heel spur». Глубина поиска — 10 лет. Отобраны публикации, касающиеся диагностики и лечения ПФ. В ходе исследования отобрано 40 публикаций, содержание которых в той или иной мере соответствовало цели настоящего исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Болевой синдром в области пяточной кости — главная причина обращения за медицинской помощью пациентов с ПФ. Формирование остеофитов в этой области, по мнению авторов, является результатом асептического воспаления места прикрепления плантарной фасции с последующим реактивным остеобластическим процессом [8]. Болевой синдром сопровождает пациента в период трудовой деятельности, что приводит к значительному снижению качества жизни заболевших. Роль хронической травматизации плантарной фасции до сих пор обсуждается исследователями в области травматологии и ортопедии [9].

Ряд авторов полагает, что воспаление играет первостепенную роль в формировании пяточной шпоры, другие считают, что оно вторично по отношению к хронической травматизации плантарной фасции. Было высказано предположение, что процесс асептического воспаления иногда приводит к локализованной пролиферации клеток вблизи плантарной фасции, однако пяточный остеофит не формируется. Анализ данных магнитно-резонансной томографии (МРТ) костей стопы выявил воспалительные изменения только в 8 % случаев, гистологический анализ как трупных, так и хирургических образцов костной ткани пяточной области не выявил никаких доказательств воспалительного процесса [10].

Ряд авторов связывает формирование ПФ с провоцирующими факторами, которые способствуют развитию этого заболевания: биомеханическая дисфункция, механическая перегрузка, чрезмерная пронация стопы, снижение тыльного сгибания голеностопного сустава или травмы [11, 12].

Согласно статистическим данным, ПФ в большинстве случаев возникает у лиц женского пола, так как они часто предпочитают «нерациональную» (с узким носком, на высоком каблуке) обувь ввиду ее красоты [13].

Диагностика

Установление диагноза «плантарный фасциит» не вызывает сложностей, однако проведение дифференциальной диагностики является обязательным этапом клинико-диагностических мероприятий. Используются традиционные ортопедические методы исследования: клинический осмотр, лучевая диагностика, ультразвуковое сканирование, магнитно-резонансный метод. При осмотре у большинства пациентов определяется усиление болевого синдрома при пальпации центральной и медиальной части подошвенной поверхности пяточной области, в месте прикрепления плантарной фасции к пяточной кости [14]. Болевой синдром может усиливаться на фоне растя-

жения плантарной фасции путем разгибания первого пальца стопы, вместе с тем ряд авторов обоснованно полагает, что от 10 до 63 % людей с пяточной шпорой не имеют болевого синдрома.

Связь между наличием остеофита пяточной кости и болевым синдромом в пяточной области была подтверждена с помощью проведения нескольких мета-анализов. Тем не менее существует категория людей с бессимптомными пяточными остеофитами. Факторы, которые могут быть важны при определении того, вызовет ли «пяточная шпора» боль в пяточной области, включают размер остеофита, наличие компрессии нервных структур, воспалительный процесс, аномалию жировых подушечек или их дегенерацию, а также профессиональную среду человека. Ряд других потенциальных причин боли в области пяточной кости занимает видное место в этиологии пяточной шпоры, включая разрывы подошвенной фасции, ПФ и переломы пяточной кости.

При рентгенографии пяточной кости определяется экзостоз в области латерального или медиального отростка пяточного бугра, при этом остеофиты формируются в сторону подошвенной поверхности стопы.

Следует отметить, что часто экзостоз пяточной кости может не вызывать болевого синдрома и быть случайной «находкой», поэтому остеофит может быть единственным фактором, вызывающим болевой синдром [15].

В исследовании Osborne H.R. et al. отмечено, что толщина подошвенной фасции, аномалия жировой подушечки, обнаруженные при рентгенографии, имеют чувствительность 85 % и специфичность 95 % для диагностики ПФ [16]. В настоящее время обзорная рентгенография костей стопы дает возможность визуализировать толщину подошвенного апоневроза (4 мм и более), что может в значительной мере облегчить постановку диагноза. При ультразвуковом исследовании определяются участки гипэхогенности толщиной > 4 мм, жидкость вблизи жировой ткани, кальцификация участков плантарной фасции вблизи к пяточному бугру, гипертрофия жировой пяточной подушки за счет отека. При ПФ с атипичной клинической картиной показано выполнение МРТ (утолщение подошвенной фасции, перифасциальный и интрафасциальный паттерн отека на T2-взвешенных изображениях, интрафасциальное усиление T1-взвешенного сигнала и ограниченный паттерн отека костного мозга на пяточной бугристости).

Лечение

В настоящее время используют несколько подходов к лечению при ПФ: консервативное и хирургическое лечение. К хирургическому лечению прибегают чаще всего при неэффективности консервативных методов. Нехирургическое лечение, по сути, воздействует на следующие звенья патогенеза: снижение нагрузки на пяточный бугор, ликвидация воспалительных изменений, правильное распределение нагрузки по стопе, прекращение болевой импульсации от нервных окончаний пяточной области. К современным консервативным методикам относят: постоп-

янное ношение индивидуальных ортопедических стелек, при этом наиболее эффективны в лечении ПФ индивидуально изготовленные стельки с супинатором, так как с помощью ортопедических стелек можно добиться перераспределения нагрузки по стопе [17]. Однако рядом авторов установлено отсутствие изменений в распределении нагрузки по стопе при использовании индивидуальных ортопедических стелек с использованием бароподометра — прибора, который считывает всю необходимую информацию о высоте свода стопы, зональном давлении с помощью специальных сенсорных датчиков [18]. Применение нестероидных противовоспалительных мазей, гелей, таблетированных форм препаратов уменьшает болевой синдром на непродолжительное время [19]. В отдельных случаях используют инъекции стероидных препаратов в область остеофита. Следует упомянуть, что при этом инъекция кортикостероидов не является самым безопасным методом, так как в литературе встречаются данные о случаях разрыва плантарной фасции в ходе лечения ПФ с применением этого метода, а также атрофии жировой ткани, играющей большую роль в смягчении «пяточного удара» в цикле шага [20].

Обогащенная тромбоцитами плазма (PRP) — это аутологичный препарат крови, который стал популярным методом лечения в виду влияния на процессы заживления и регенерации поврежденных тканей организма, применяемый при лечении различных заболеваний опорно-двигательного аппарата, включая ПФ [21, 22]. Исследования показали, что PRP безопасен и эффективен при лечении стойкого ПФ, демонстрируя свое превосходство по сравнению с плацебо [23, 24]. Однако имеются ограниченные данные, подтверждающие эффективность PRP по сравнению с другими консервативными методами лечения [25].

Физиотерапевтическое лечение является основным в процессе лечения ПФ. К одному из видов физиотерапевтических воздействий относят применение электрофореза хлора, который показал эффективность в исследованиях Филатовой Е.В. [26].

Другим видом физиотерапии является лазеротерапия. Суть метода основана на принципах фотохимии, которая использует дискретную длину волны света для инициирования каскада передачи сигнала путем стимуляции белка, способного поглощать световую энергию, также известного как фоторецепторный белок. Согласно нескольким исследованиям, активация специфических белков фоторецепторов инициирует вторичные каскады, связанные с синтезом факторов роста, пролиферацией клеток и подавлением воспалительных цитокинов, что приводит к снижению болевой импульсации из пяточной области при ПФ [27]. Однако авторы отмечают необходимость дальнейших исследований в этой области в связи с отсутствием данных о долговременных результатах.

К другим методам физиотерапевтического лечения относят: ультрафонофорез гидрокортизона, анальгина, ферментов на пяточную область и электрофорез лидазы, ронидазы, 5% раствора йода

или местных анестетиков. Однако форетичность многих препаратов не всегда имеет достаточную доказательную базу, и их лечебное действие, возможно, основывается на сочетанном эффекте действия ультразвука, повышающего проницаемость кожи, и фармакологических свойствах лекарственного вещества. Практические наблюдения показывают, что терапевтический эффект ультразвуковой терапии в этих методиках бывает выше, чем при стандартной ультразвуковой терапии или аппликации мазей, гелей [28].

В последние десятилетия наиболее популярной методикой лечения ПФ является ударно-волновая терапия. Экстракорпоральная ударно-волновая терапия (ЭУВТ) была повсеместно внедрена в ортопедическую практику в конце XX века. Ударные волны вызывают травматизацию области пяточной кости, тем самым индуцируя воспаление данной области, что ведет к репаративным процессам. Считается, что ЭУВТ стимулирует неоваскуляризацию, факторы роста, а также разрушает немиелинизированные нервные волокна (болевая субстанция Р). Методика ЭУВТ одновременно может выполнять две функции — лечебную и диагностическую. Авторы указывают на положительный результат лечения ПФ с использованием ЭУВТ у 76,7–86,6 % пациентов [29].

Результаты применения ЭУВТ оказались также неоднозначными, в зависимости от постановки исследования и методики проведения успех варьирует диаметрально от отсутствия положительных результатов до полного купирования болевого синдрома [30].

К важным методам лечения ПФ, которые используются с целью лечения, относятся методы лечебной физкультуры — кинезиотейпирование и методы мануальной терапии (например, мобилизация мягких тканей, массаж и сухие банки).

К наиболее распространенным методам мануальной терапии относят упражнения на растяжку камбаловидной и икроножной мышц, а также подошвенной фасции. Исследование, проведенное доктором Cleland et al., в котором сравнивалось воздействие мануальной терапии (участники исследования выполняли упражнения на растяжку камбаловидной и икроножной мышц, а также подошвенную фасцию три раза в день, в дополнение к упражнениям для укрепления внутренних мышц стопы) и физиотерапевтических методик, показало, что пациенты в группе мануальной терапии отметили достоверное снижение болевой импульсации и продемонстрировали достоверно ($p < 0.05$) более высокие баллы по опроснику Global Rating of Change как в 4-недельный, так и в 6-месячный периоды наблюдения по сравнению с группой, где использовались физиотерапевтические методы [31].

Тейпирование включает использование жестких тейпов (например, спортивных или Leukotape) и эластичных (динамическая лента) лент, наложенных на любой период времени и любым способом на область стопы или лодыжки. Методы жесткого тейпирования могут обеспечить механическую поддержку, тогда как эластичная лента может обеспечить поддержку, одновременно не ограничивая подвижность

сегмента. Тезель и др. исследовали эффективность кинезиологического тейпирования ($n = 36$; средний возраст 46 лет; 7 мужчин, 29 женщин) по сравнению с ЭУВТ ($n = 42$; средний возраст 42 года; 7 мужчин, 35 женщин) при 6-недельном наблюдении. Результаты показали, что наблюдалось статистически значимое снижение боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) как при кинезиологическом тейпировании, так и при ЭУВТ, однако только в группе пациентов, при лечении которых было использовано тейпирование, наблюдалось значительное снижение показателей боли по шкалам FFI (Foot Functional Index) [32].

Ночные шины представляют собой готовые пластиковые ортезы, которые используются для предотвращения подошвенного сгибания голеностопного сустава во время сна. Применение ночных шин рекомендовано специалистами Американской ассоциации физиотерапии [33], однако некоторые исследователи считают, что ночные шины и ортезы не показали никаких преимуществ по сравнению с плацебо [34].

Хирургическое лечение применяется при неэффективности консервативного лечения, однако оно не нашло широкого применения ввиду большого риска осложнений. Виды хирургического лечения включают открытую или эндоскопическую фасциотомию, подкожное удаление экзостоза мини-доступом под контролем электронно-оптического преобразователя, релиз подошвенной фасции с экзостозэктомией, биполярную радиочастотную микротенотомию.

Нет единого мнения и о том, какой метод хирургического лечения является наилучшим [35]. В нескольких исследованиях сообщается, что эндоскопические методы обеспечивают сокращение реабилитационного периода и более быстрое восстановление трудоспособности по сравнению с открытыми хирургическими вмешательствами. В ретроспективном исследовании, сравнивавшем эффекты открытых и эндоскопических операций, сообщалось, что функциональные результаты лучше в раннем послеоперационном периоде после эндоскопической операции [36].

Таким образом, по данным современных литературных источников, единый подход к лечению ПФ при резистентной к терапии боли в настоящий момент отсутствует.

Описан метод, который не используется повсеместно в Российской Федерации, однако, по данным некоторых исследований, имеет устойчивые положительные результаты. Речь идет о методике радиочастотной денервации (абляции) (РЧД), которая давно используется в травматологии и ортопедии с целью купирования болевого синдрома, локализующегося в области фасеточных суставов позвоночного столба. РЧД фасеточных суставов основана на тепловом воздействии электрода на нервные структуры, отвечающие за боль в спине. Итогом процедуры служит блокирование формирования болевого сигнала путем разрушения нервных окончаний области, отвечающей за формирование болевого синдрома.

Исследователи из Нью-Джерси сообщили о результатах процедуры на 75 испытуемых с рефрактерным к терапии ПФ, которые прошли лечение в объеме РЧД. Средний возраст группы составил 55 (диапазон 24–83)

лет, 25 (33,3 %) мужчин и 50 (66,7%) женщин, 15 (20%) пациентов лечились от двустороннего ПФ. Средний показатель по ВАШ составил до операции 9 (диапазон 2–10) баллов, в отдаленном послеоперационном периоде — 1 (диапазон от 0 до 8) балл, различие было статистически значимым ($p < 0,0001$). Пять пациентов (6,7 %) испытывали повторяющиеся боли в области пяточной кости в течение средней продолжительности наблюдения 18 (диапазон 12–36) месяцев. В целом 93,3 % пациентов испытали значительное уменьшение болевого синдрома после проведенной РЧД для лечения рефрактерного к терапии ПФ [37].

Исследователи из Кембриджа в 2013 г. провели проспективное двойное слепое исследование, изучавшее воздействие РЧД у пациентов с рефрактерным к терапии болевым синдромом при ПФ. Результатом являлось статистически значимое снижение интенсивности болевого синдрома у пациентов, активно получавших РЧД, и отсутствие существенного улучшения у больных в контрольной группе, не получавших РЧД [38].

В другом исследовании, проведенном в 2016 г. в Мельбурне, авторы отмечают значительное снижение болевого синдрома в группах испытуемых (исследователи разделили 2 группы пациентов по времени, проведенному после операции: 1-я группа — до 6 месяцев, 2-я группа — более 6 месяцев) [39]. Суть процедуры заключалась в том, что под местной анестезией раствором бупивакаина, под УЗИ-навигацией в область медиального подошвенного нерва (МПН) вводился электрод. РЧД (генератор радиочастот Neurother NT 500) проводилась в следующих режимах: либо с 3 периодами по 3 минуты (PM), либо с 6 периодами по 2 минуты (DC), температура воздействия составляла выше 80 °C.

Средние показатели боли в 1-й группе составили 8,56 балла до процедуры, 2,81 балла ($p < 0,001$ по сравнению с исходным уровнем) после ее проведения. Средние показатели боли во 2-й группе составили 7,23 балла до процедуры и 3,77 балла ($p < 0,01$) после нее.

В исследовании, проведенном доктором Eke I. et al., была проведена оценка влияния лечения методом РЧД 460 пациентов с болевым синдромом в пяточной области, вызванным ПФ. После лечения наблюдалось статистически значимое улучшение показателей по различным шкалам (AOFAS-pain, AOFAS), а также значительное снижение показателей по шкале боли Вонга Бейкера. Из чего сделан вывод, что РЧД может быть предпочтительной как менее инвазивный метод, не вызывающий серьезных осложнений у пациентов с персистирующей пяточной болью, а также у пациентов с рефрактерным к терапии ПФ [40].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с высокой распространенностью ПФ в популяции поиск новых методик лечения, а также разработка и использование единой тактики лечения пациентов могут существенно улучшить результаты лечения и повысить качество жизни пациентов.

Требуется мультидисциплинарный подход к лечению подошвенного фасциита, поскольку ни один метод лечения не является универсальным. Даже если

лечение эффективно, для исчезновения симптомов часто требуются недели или месяцы. Многие люди, в особенности молодые люди и спортсмены, страдают от подошвенного фасциита. Если болезнь не лечить должным образом, она может привести к инвалидности. Физиотерапевты, фармацевты, медсестры и специалисты по реабилитации играют ключевую роль в профилактике рецидива болевого синдрома и других симптомов, крайне важной является просветительная работа. Пациенты должны быть проинформированы о том, что для устранения болевого синдрома и других симптомов может потребоваться комплексное лечение в течение нескольких недель или месяцев. Также может потребоваться ношение ночных шин и курс физиотерапии с последующей консультацией ортопеда для приобретения надлежащей обуви с достаточной супинацией. Пациенты должны быть проинструк-

тированы о том, как выполнять простые упражнения дома для растяжки подошвенной фасции, и проинформированы о важности контроля массы тела. В случае, когда консервативная терапия неэффективна, пациент должен быть направлен к хирургу-ортопеду. Использование РЧД по сравнению с хирургическим лечением оказывает положительный эффект у пациентов с рефрактерным к консервативной терапии ПФ, а также является наименее инвазивным методом среди хирургических. Однако перед проведением хирургической манипуляции необходимо учитывать некоторые особенности процедуры и ее возможные осложнения, такие как онемение в области стопы в послеоперационном периоде, усиление болевого синдрома (формирование устойчивой невропатии), трофические изменения кожи в виде шелушения и термического воздействия на ее эпидермальные слои.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Айрапетов Георгий Александрович, доктор медицинских наук, руководитель Центра хирургии суставов, руководитель научно-исследовательской лаборатории реконструктивной ортопедии взрослых, ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7507-7772>

Агафонов Даниил Германович, врач — травматолог-ортопед, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории реконструктивной ортопедии взрослых, ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России.

E-mail: ortho_spot@bk.ru, info@spbniif.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5957-1548>

Сердобинцев Михаил Сергеевич, доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории реконструктивной ортопедии взрослых, ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4066-1087>

Кафтырев Александр Сергеевич, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории реконструктивной ортопедии взрослых,

врач — травматолог-ортопед, ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8367-3734>

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: Айрапетов Г.А. — концептуализация, методология, исследование, контроль, управление проектом; Агафонов Д.Г. — написание, первоначальный вариант, редакция текста рукописи; Сердобинцев М.С. — валидация, обработка данных; Кафтырев А.С. — разработка дизайна 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 обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Georgii A. Airapetov, Dr.Sci. (Med.), Head of the Center for Joint Surgery, Head of Department at the Research Laboratory of Adult Reconstructive Orthopedics, Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7507-7772>

Daniil G. Agafonov, Orthopedic Traumatologist, Junior Researcher at the Research Laboratory of Adult Reconstructive Orthopedics, Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation.

E-mail: ortho_spot@bk.ru, info@spbniif.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5957-1548>

Mikhail S. Serdobintsev, Dr.Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher at the Research Laboratory of Adult Reconstructive Orthopedics, Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4066-1087>

Alexander S. Kaftyrev, Ph.D. (Med.), Senior Researcher at the Research Laboratory of Adult Reconstructive Orthopedics, Orthopedic Traumatologist, Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8367-3734>

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 contribution: Airapetov G.A. — conceptualization, methodology, research, control, project management; Agaferonov D.G. — writing, initial draft, text editing; Serdobintsev M.S. — validation, data processing; Kaftyrev A.S. — research design development.

Funding. The authors declare no external funding in the conduct of the study.

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. Резник Л.Б., Ерофеев С.А., Силантьев В.Н. и др. Современное состояние проблемы хирургического лечения подошвенного фасциоза (обзор литературы). Гений ортопедии. 2018; 24(4): 515–520. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2018-24-4-515-520> [Reznik L.B., Erofeev S.A., Silantiev V.N., et al. Current state of the problem of surgical treatment of plantar fasciosis (literature review). Genius of Orthopedics. 2018; 24(4): 515–520. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2018-24-4-515-520> (In Russ.).]

2. Brody D.M. Running injuries. Prevention and management. Clinical symposia. 1987; 39(3): 1–36.

3. Жуликов А. Л., Маланин Д.А., Абузарова Ю.Н. и др. Распространенность пяточной шпоры у пациентов с плоскостопием. Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2021; 18(1): 89–93. [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-1\(77\)-89-93](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-1(77)-89-93) [Zhulikov A.L., Malanin D.A., Abuzyarova Y.N., et. al. Prevalence of Calcaneal Spurs in Patients with Flatfoot Deformity. Journal of Volgograd State Medical University. 2021; 18(1): 89–93. [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-1\(77\)-89-93](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-1(77)-89-93) (In Russ.).]

4. Crawford F., Thomson C.E. Interventions for treating plantar heel pain. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2010; (1): CD000416. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000416.pub2>

5. Riddle D.L., Schappert S.M. Volume of ambulatory care visits and patterns of care for patients diagnosed with plantar fasciitis: a national study of medical doctors. Foot Ankle International. 2004; 25(5): 303–310.

6. Buchanan B.K., Sina R.E., Kushner D. Plantar Fasciitis. In: StatPearls. StatPearls Publishing. 2024.

7. Шутов Ю.М., Шутова М.З., Кокшарова В.Н. Оптимизация лечения плантарных фасцитов и ахиллитов. Journal of Siberian Medical Sciences. 2015; 2: 25. [Shutov Y.M., Shutova M.Z., Koksharova V.N. Optimization of treatment of plantar fasciitis and heelstring tenotitis. Journal of Siberian Medical Sciences. 2015; 2: 25 (In Russ.).]

8. Романов Н.А., Доросевич А.Е. Русская терминология костей предплюсны в XVIII–XX вв. Морфология: научно-теоретический медицинский журнал. 2005; 128(6): 77–81. [Romanov N.A., Dorosevich A.E. Russian terminology of tarsal bones in the XVIII–XX centuries. Morfologiya: nauchno-teoreticheskij medicinskij zhurnal. 2005; 128(6): 77–81 (In Russ.).]

9. Sajja S, Elahi N, Ganti L. Plantar Fasciitis with a Calcaneal Spur. Cureus. 2023; 15(12): e51242. <https://doi.org/10.7759/cureus.51242>

10. Kirkpatrick J., Yassaie O., Mirjalili S.A. The plantar calcaneal spur: a review of anatomy, histology, etiology and key associations. Journal of anatomy. 2017; 230(6): 743–751. <https://doi.org/10.1111/joa.12607>

11. Luffy L, Grosel J, Thomas R, So E. Plantar fasciitis: a review of treatments. JAAPA. 2018; 31(1): 20–24. <https://doi.org/10.1097/01.JAA.0000527695.76041.99>

12. Li S., Wang, K., Sun, H., et al. Clinical effects of extracorporeal shock-wave therapy and ultrasound-guided local corticosteroid injections for plantar fasciitis in adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. Medicine. 2018; 97(50): e13687. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000013687>

13. Díaz López A.M., Guzmán Carrasco P. Effectiveness of different physical therapy in conservative treatment of plantar fasciitis: systematic review. Revista Española de Salud Pública. 2014; 88(1): 157–178. <https://doi.org/10.4321/S1135-57272014000100010>

14. Середа А.П., Мойсов А.А., Сметанин С.М. Плантарный фасциит: диагностика и лечение. Байкальский медицинский журнал. 2016; 143(4): 5–9. [Sereda A.P., Moysov A.A., Smetanin S.M. Plantar fasciitis: diagnosis and treatment. Baikal Medical Journal. 2016; 143(4): 5–9 (In Russ.).]

15. Okçu M., Tuncay F., Koçak F.A., et al. Do the presence, size, and shape of plantar calcaneal spurs have any significance in terms of pain and treatment outcomes in patients with plantar fasciitis? Turkish journal of medical sciences. 2023; 53(1): 413–419. <https://doi.org/10.55730/1300-0144.5598>

16. Osborne H.R., Bredahl W.H. Critical differences in lateral X-rays with and without a diagnosis of plantar fasciitis. Journal of Science and Medicine in Sport. Sports Medicine Australia. 2006; 9(3): 231–237. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.03.028>

17. Oliveira H.A., Jones A., Moreira E., et al. Effectiveness of total contact insoles in patients with plantar fasciitis. The Journal of rheumatology. 2015; 42(5): 870–878. <https://doi.org/10.3899/jrheum.140429>

18. Coheña-Jiménez M., Pabón-Carrasco M., Pérez Belloso A.J. Comparison between customized foot orthoses and insole combined with the use of extracorporeal shock wave therapy in plantar fasciitis, medium-term follow-up results: A randomized controlled trial. Clinical rehabilitation. 2021; 35(5): 740–749. <https://doi.org/10.1177/0269215520976619>

19. Attar S.M. Plantar Fasciitis: A Review Article. Saudi journal of internal medicine. 2012; 2(1): 1433H–2012G.

20. Plantar fasciitis. Repeated corticosteroid injections are safe. Canadian Family Physician Medecin de Famille Canadien. 1998; 44: 45–51.

21. Franchini M., Cruciani M., Mengoli C., et al. Efficacy of platelet-rich plasma as conservative treatment in orthopaedics: a systematic review and meta-analysis. Blood Transfusion. 2018; (16): 502–513. <https://doi.org/10.2450/2018.0111-18>

22. Chiew S.K., Ramasamy T.S., Amini F. Effectiveness and relevant factors of platelet-rich plasma treatment in managing plantar fasciitis: A systematic review. Journal of Research in Medical Sciences. 2016; (21): 38. <https://doi.org/10.4103/1735-1995.183988>

23. Zhang J.Y., Fabricant P.D., Ishmael C.R., et al. Utilization of Platelet-Rich Plasma for Musculoskeletal Injuries: An Analysis of Current Treatment Trends in the United States. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2016; (4): 2325967116676241. <https://doi.org/10.1177/2325967116676241>

24. Shetty S.H., Dhond A., Arora M., et al. Platelet-rich plasma has better long-term results than corticosteroids or placebo for chronic plantar fasciitis: randomized control trial. The Journal of Foot and Ankle Surgery. 2019; 58(1): 42–46. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2018.07.006>

25. Yu T., Xia J., Li B., et al. Outcomes of platelet-rich plasma for plantar fasciopathy: a best-evidence synthesis. Journal of orthopaedic surgery and research. 2020; (15): 432. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01783-7>

26. Филатова Е.В. Применение электрофореза хлора при лечении плантарного фасциита (пяточных шпор). Саратовский научно-медицинский журнал 2014; 10(4): 896–898. [Filatova E.V. Application of Electrophoresis of Chlorine in the Treatment of Plantar Fasciitis (Prominent Heel). Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2014; 10(4): 896–898 (In Russ.).]

27. Macias D.M., Coughlin M.J., Zang K., et al. Low-Level Laser Therapy at 635 nm for Treatment of Chronic Plantar Fasciitis: A Placebo-Controlled, Randomized Study. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2015; 54(5): 768–772. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2014.12.014>
28. Шеина А.Н. Роль и место ультразвука в восстановительном лечении заболевания суставов. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2013; (5): 38–40. [Sheina A.N. The Role and Significance of Ultrasound in The Rehabilitative Management of Articular. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2013; (5): 38–40 (In Russ.).]
29. Цымбал А.Н. Морфобиомеханическая характеристика стоп и оценка эффективности экстракорпоральной ударно-волновой терапии при плантарном фасциите: Дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2013: 117. [Cymbal A.N. Morfobiomekhanicheskaya harakteristika stop i ocenka effektivnosti ekstrakorporal'noj udarno-volnovoј terapii pri plantarnomfasciite: Dis. ... cand. med. nauk. Moscow, 2013: 117 (In Russ.).]
30. Назаренко Г.И., Героева И.Б. Эффективность ударно-волновой терапии в лечении плантарного фасциита. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2014; (1): 52. [Nazarenko G.I., Geroeva I.B. The Effectiveness of Shock-Wave Therapy for the Treatment of Plantar Fasciitis. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2014; 1: 52 (In Russ.).]
31. Cleland J.A., Abbott J.H., Kidd M.O., et al. Manual physical therapy and exercise versus electrophysical agents and exercise in the management of plantar heel pain: a multicenter randomized clinical trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2009; 39(8): 573–585. <https://doi.org/10.2519/jospt.2009.3036>
32. Tezel N., Umay E., Bulut M., Cakci A. Short-Term Efficacy of Kinesiotaping versus Extracorporeal Shockwave Therapy for Plantar Fasciitis: A Randomized Study. *Saudi journal of medicine and medical sciences*. 2020; 8(3): 181–187. https://doi.org/10.4103/sjmms.sjmms_624_19
33. Кос Т.А. Jr., Bise C.G., Neville C., et al. Heel Pain – Plantar Fasciitis: Revision 2023. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2023; 53(12): CPG1-CPG39 <https://doi.org/10.2519/jospt.2023.0303>
34. Trojian T., Tucker A.K. Plantar Fasciitis. *American family physician*. 2019; 99(12): 744–750.
35. Johannsen F., Konradsen L., Herzog R., Krogsgaard M.R. Endoscopic fasciotomy for plantar fasciitis provides superior results when compared to a controlled non-operative treatment protocol: a randomized controlled trial. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 2020; 28(10): 3301–3308. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-05855-3>
36. Vellingiri K., Ethiraj P., Shanthappa A., et al. A prospective study of surgical excision of calcaneal spur for relief of chronic heel pain. *International Journal of Health and Clinical Research*. 2021; 4(3): 64–66.
37. Cione J.A., Cozzarelli J., Mullin C.J. A retrospective study of radiofrequency thermal lesioning for the treatment of neuritis of the medial calcaneal nerve and its terminal branches in chronic heel pain. *The Journal of foot and ankle surgery*. 2009; 48(2): 142–147. <https://clck.ru/3AjDdR>
38. Landsman A.S., Catanese D.J., Wiener S.N., et al. A prospective, randomized, double-blinded study with crossover to determine the efficacy of radio-frequency nerve ablation for the treatment of heel pain. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2013; 103(1): 8–15. <https://doi.org/10.7547/1030008>
39. Counsel P., Davenport M., Brown A., et al. Ultrasound-Guided Radiofrequency Denervation of the Medial Calcaneal Nerve. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2016; 26(6): 465. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000312>
40. Eke I., Akcal M., Sayrac A., et al. Effects of intralesional pulsed radiofrequency treatment on pain in patients with calcaneal spur: results of 460 patients. *BMC Musculoskeletal Disord*. 2021; (22): 1033. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04926-x>

Клинический случай комплексной реабилитации при посттравматической миелопатии с использованием сапропелей озера Тараскуль

 Журавель Т.В.¹,  Прокопьева М.С.¹,  Туровинина Е.Ф.^{2,*},  Кравченко М.А.¹

¹ ФБУ «Центр реабилитации Фонда пенсионного и социального страхования Российской Федерации «Тараскуль», Тюмень, Россия

² ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, Тюмень, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Посттравматическая миелопатия (боевая травма) является серьезным состоянием, которое приводит к выраженным функциональным нарушениям, требующих комплексной реабилитации с соблюдением принципов персонализации программы на основе оценки нарушений функционирования. Применение сульфидно-иловых грязей используется в санаториях восточного военного округа для реабилитации пациентов с патологией костно-мышечной системы по общепринятым методикам. Озеро Большой Тараскуль в Тюменской области — природный резервуар сапропелей с уникальными биологическими свойствами, используемыми в реабилитации пациентов со спинальной травмой. Таким образом, имеется обоснование включения сапропелей в программы комплексной реабилитации пациентов с последствиями боевой травмы.

ЦЕЛЬ. Показать на примере клинического случая результаты комплексного подхода в реабилитации пациента с посттравматической миелопатией в результате боевой травмы, реализованного на основе индивидуальной программы реабилитации с применением пелоидотерапии.

ОПИСАНИЕ. Описан клинический случай реабилитации пациента с посттравматической миелопатией в результате боевой травмы. Пациент, 32 года, с посттравматической миелопатией на фоне ранения позвоночника. При поступлении показатели: шкала реабилитационной маршрутизации — 5 баллов, Индекс мобильности Ревермид — 4 балла, Шкала спастичности Эшфорта — 3 балла, Шкала АЗИА — В, шкала функциональной независимости FIM — 99 баллов. Первоначально объем активных движений — пересаживается из кресла на кушетку с минимальной поддержкой. Сидит без дополнительной опоры более 5 минут, вертикализация пациента только с использованием высокой опоры (высокие ходунки). При выборе методов реабилитации авторы руководствовались клиническими рекомендациями для пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы на втором и третьем этапах медицинской реабилитации. В программу реабилитации была включена гидрокинезотерапия и пелоидотерапия сапропелями озера Тараскуль. По итогам лечения пациент ходит с опорой на ходунки по ровной поверхности с отдыхом, вдоль стены с опорой на поручни ходит приставным шагом. С опорой на трости поднимается по лестнице.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Данный клинический случай раскрывает эффективность комплексной реабилитации пациента с посттравматической миелопатией (боевая травма) с включением в программу реабилитации гидрокинезотерапии и пелоидотерапии сапропелями озера Тараскуль.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: клинический случай, реабилитация при боевой травме, лечебная физкультура, физиотерапия, пелоидотерапия, бальнеолечение.

Для цитирования / For citation: Журавель Т.В., Прокопьева М.С., Туровинина Е.Ф., Кравченко М.А. Клинический случай комплексной реабилитации при посттравматической миелопатии с использованием сапропелей озера Тараскуль. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(2):57-65. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-57-65> [Zhuravel T.V., Prokopyeva M.S., Turovinina E.F., Kravchenko M.A. Clinical Case of Complex Rehabilitation for Post-Traumatic Myelopathy Using Taraskul Lake Sapropels. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):57-65. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-57-65> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Туровинина Елена Фаридовна, E-mail: turovinina@tyumsmu.ru

Статья получена: 02.02.2024
Статья принята к печати: 04.04.2024
Статья опубликована: 15.04.2024

Clinical Case of Complex Rehabilitation for Post-Traumatic Myelopathy Using Taraskul Lake Sapropels

 Tatyana V. Zhuravel¹,  Marina S. Prokopyeva¹,  Elena F. Turovinina^{2,*},
 Mikhail A. Kravchenko¹

¹ Rehabilitation Center of the Pension and Social Insurance Fund of the Russian Federation "Taraskul", Tyumen, Russia

² Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND. Post-traumatic myelopathy (combat injury) is a serious condition that leads to severe functional impairment requiring complex rehabilitation based on assessment of functional impairment. The use of sulfide-silt mud is used in sanatoriums of the eastern military district for the rehabilitation of patients with pathology of the musculoskeletal system according to generally accepted methods. Lake Bolshoi Taraskul in the Tyumen region is a natural reservoir of sapropels with unique biological properties.

AIM. Show on the example of a clinical case the results of an integrated approach in the rehabilitation of a patient with post-traumatic myelopathy as a result of combat trauma, implemented on the basis of an individual.

CASE DESCRIPTION. Patient, 32 years old, with post-traumatic myelopathy due to spinal injury. Upon admission, the indicators: rehabilitation routing scale — 5 points, Revermid mobility index — 4 points, Ashforth spasticity scale — 3 points, ASIA scale — B, FIM functional independence scale 99 points. Initially, the patient is transferred from the chair to the couch with minimal support, sits without additional support for more than 5 minutes, verticalization of the patient only using high support (high walkers). The comprehensive rehabilitation program included physiotherapy, hydrokinesotherapy and peloidotherapy with Lake Taraskul sapropels. As a result of treatment, the patient walks with a support on a walker on a flat surface with rest, walks along the wall with a support on handrails. A patient supported by canes climbs a ladder.

CONCLUSION. This clinical case discloses the effectiveness of comprehensive rehabilitation of a patient with post-traumatic myelopathy (combat trauma) with the inclusion of Lake Taraskul in the rehabilitation program for hydrokinesiotherapy and peloidotherapy with sapropels.

KEYWORDS: clinical case, rehabilitation in case of combat trauma, physical therapy, physiotherapy, peloidotherapy, balneotherapy.

For citation: Zhuravel T.V., Prokopyeva M.S., Turovinina E.F., Kravchenko M.A. Clinical Case of Complex Rehabilitation for Post-Traumatic Myelopathy Using Taraskul Lake Sapropels. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):57-65. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-57-65> (In Russ.).

* **For correspondence:** Elena F. Turovinina, E-mail: turovinina@tyumsmu.ru

Received: 02.02.2024

Accepted: 04.04.2024

Published: 15.04.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Посттравматическая миелопатия (боевая травма) является состоянием, которое приводит к выраженным функциональным нарушениям, требующим комплексной реабилитации с соблюдением этапности и принципов персонализации программы на основе оценки нарушений функционирования [1, 2]. Частота боевых травм позвоночника составляет до 2 % боевой хирургической патологии. Среди них преобладают механические травмы (более 70 %) и огнестрельные ранения (до 30 %). Более чем в 80 % случаев боевые травмы позвоночника носят сочетанный характер [1].

Пациентов с последствиями боевой травмы, нарушениями функций различных органов и систем при обращении в медицинские организации Министерства здравоохранения РФ направляют для прохождения заключительного этапа медицинской реабилитации в санаторно-курортные организации (СКО), расположенные на климато-, бальнео- и грязелечебных курортах, в соответствии с приказом Минздрава России от 28 сентября 2020 г. № 1029¹.

¹ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28 сентября 2020 г. № 1029 «Об утверждении перечней медицинских показаний и противопоказаний для санаторно-курортного лечения».

Применение сульфидно-иловых грязей используется в санаториях восточного военного округа для реабилитации пациентов с патологией костно-мышечной системы по общепринятым методикам в соответствии с клиническими рекомендациями 2015 г. [3]. Пелоиды обладают противовоспалительным, противоотечным, обезболивающим, репаративно-регенераторным, дефибрирующим, адсорбционно-резорбтивным, детоксикационным и прочими эффектами, которые могут повысить результаты комплексной реабилитации данной сложной категории пациентов [3].

Озеро Большой Тараскуль в Тюменской области — это природный резервуар сапропелей с уникальными биологическими свойствами, успешно используемыми в реабилитации пациентов со спинальной травмой [3, 4]. Таким образом, имеется полное обоснование включения сапропелей в программы комплексной реабилитации пациентов с последствиями боевой травмы.

ЦЕЛЬ

Показать на примере клинического случая результаты комплексного подхода в реабилитации пациента с посттравматической миелопатией в результате боевой травмы, реализованного на основе индивидуальной программы реабилитации с применением пелоидотерапии.

ОПИСАНИЕ

Пациент В., 32 года, поступил на реабилитацию в ФБУ «Центр реабилитации Социального фонда России (СФР) «Тараскуль» с жалобами на чувство онемения в руках, повышение мышечного тонуса (спастика) на уровне поясничного отдела позвоночника и нижних конечностей, временно усиливающиеся при движении и физических нагрузках. Жалобы также на минимальные движения в ногах, нарушение чувствительности в ногах, частое мочеиспускание (мочеиспускание удерживает до 10 минут), нарушение стула в виде склонности к запорам.

Диагноз по МКБ-10: Т 91.3. Посттравматическая миелопатия на уровне С5–С7 позвонков и Th8–Th9 с выраженным нарушением двигательной функции в виде грубого нижнего спастического парализа с нарушением чувствительности по проводниковому типу, с нарушением функции тазовых органов по центральному типу вследствие огнестрельного пулевого сквозного проникающего торакоспинального ранения (травма боевая). Консолидированные стабильные огнестрельные переломы остистых отростков С6–С7 позвонков со смещением костных отломков, переломы остистых и правых поперечных отростков Th8–Th9, дужки Th9 справа. Консолидированные переломы задних отростков 8–9-го ребер справа. Состояние после транспедикулярной фиксации Th7–Th8–Th9–Th10 позвонков металлическим фиксатором, цистолитотомии (все даты операций скрыты).

Анамнестические сведения

По данным медицинской документации известно, что пациент при исполнении служебных обязанностей получил пулевые ранения в области шеи и грудной клетки. Вся медицинская первичная и специализированная помощь оказывалась на этапах медицинской эвакуации и лечения в медицинских организациях Министерства обороны Российской Федерации. В ФГБУ «ГВКГ им. Н.Н. Бурденко» Минобороны России выполнена ламинэктомия на уровне Th8–Th9 позвонков, ревизия позвоночного канала с удалением костных отломков, декомпрессия дурального мешка и невралических структур. Далее пациент непрерывно проходил курс этапного реабилитационного лечения в медицинских организациях Минобороны России, а после — в медицинских организациях Минздрава России. Анамнез составил до поступления 1 год 1 месяц от ранения.

Клинический осмотр

При объективном исследовании при поступлении: рост — 198 см, вес — 105 кг, ИМТ — 26,8 кг/м², ЧСС — 68 в мин. Пульс — 68 в минуту, АД — 120/75 мм рт. ст.

Неврологический статус: Общемозговая и менингеальная симптоматика отсутствует. Ориентирован в месте и времени, критичен к своему состоянию. ЧМН — обоняние сохранено; зрение не изменено; движения глазных яблок — в полном объеме, слабость конвергенции с двух сторон; фотореакции на свет сохранены; установочный горизонтальный нистагм; пальпация точек выхода тройничного нерва безболезненная, чувствительных расстройств на лице

нет; корнеальные рефлексы сохранены; лицо несколько асимметричное — легкая сглаженность левой носогубной складки; слух не изменен; глотание и фонация не изменены, глоточный рефлекс сохранен; отведение головы и прижимание плеч сохранено; язык по средней линии, с легкой девиацией кончика языка влево. Мышечный тонус в руках d = s, с ног высокий, больше справа. Сила мышц в верхних конечностях достаточная — 5–5–5 баллов; в нижних конечностях снижена: слева — 4–3–3 балла, справа — 3–3–2 балла. За основу оформления реабилитационного диагноза по Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ) показатели силы мышц брали более слабой нижней конечности (правой), которые составляли 3–3–2 балла (50–25%). Это соответствует умеренным и выраженным нарушениям.

Проба Барре с верхних конечностей отрицательная. Сухожильные рефлексы с верхних конечностей справа выше; с нижних высокие с клонусом стоп. Брюшные рефлексы отсутствуют. Патологические стопные рефлексы положительные. Чувствительных поверхностных расстройств нет; имеются проводниковые расстройства. Координаторные пробы: ПНП выполняет уверенно; КПП — не проводилась (невозможно). В позу Ромберга не ставился. Нарушение тазовых функций — частое мочеиспускание (возможно неполное опорожнение мочевого пузыря); нарушение стула — запоры (регулярный прием слабительных препаратов).

Определение двигательного статуса пациента проводилось в положении лежа, сидя на кресле и кушетке. Объем активных движений — пересаживается из кресла на кушетку с минимальной поддержкой. Сидит без дополнительной опоры более 5 минут.

Пациент может выполнить тыльное сгибание и подошвенное разгибание стоп. Согнуть ноги в коленях. Однако при движениях ног появляются ощущения стягивания и повышение мышечного тонуса. Поднимает ногу с отрывом стопы от поверхности до 15–30 см. Вертикализуется пациент только с использованием высокой опоры (высокие ходунки).

Диагностические процедуры

Реабилитационный статус оценивался с помощью как оценочных международных шкал, так и МКФ до и после реабилитационного лечения. Динамика показателей в результате реабилитации отражена в табл. 1. Независимость в повседневной жизни, способность к самообслуживанию измерялись с помощью шкалы функциональной независимости в повседневной жизни (Functional independence measure, FIM), способность к передвижению, мобильность — индекса мобильности Ривермид (Rivermead mobility index). Спастичность и степень пареза оценивались с помощью модифицированной шкалы спастичности Эшфорта (Modified Ashworth Scale for grading spasticity, modified by Bohannon & Smith). Оценка мышечной группы произведена по 6-балльной шкале оценки мышечной силы (6-point scale of muscle strength assessment according to L. Mcpeak, 1996; M. Weiss, 1986).

Таблица 1. Результаты обследования по диагностическим шкалам на 1-й и 42-й дни реабилитации в санаторной организации

Table 1. Results of examination using diagnostic scales on 1st and 42nd days of rehabilitation in a sanatorium organization

Диагностическая шкала, ед. измерения / Scale, measure	1-й день (до) / 1 st day (before)	Через 42 дня (после) / 42 nd day (after)
Шкала реабилитационной маршрутизации, баллы / Rehabilitation Routing Scale, points	5	3
Индекс мобильности Ривермид, баллы / Rivermead mobility index, points	4	7
Модифицированная шкала спастичности Эшфорта, баллы / Modified Ashworth Scale, points	3	2
Шестибалльная шкала оценки мышечной силы (по L. Mcpeak, 1996; M. Вейсс, 1986) / A six-point scale for evaluating muscle strength (according to L. Mcpeak, 1996; M. Weiss, 1986)	3	4
Шкала ASIA / ISNCSCI	B	D
Шкала FIM, баллы / Functional independence measure — FIM, points	99	120
Визуально-аналоговая шкала боли, баллы / Visual Analog Scale, points	0	0

Двигательный статус определялся в соответствии с международным стандартом неврологической классификации травмы спинного мозга (ISNCSCI: ASIA) [5, 6]. Полнота повреждения определялась следующим образом: тип А — «полное повреждение» (отсутствие движений ниже неврологического уровня и чувствительной функции в нижних сакральных сегментах S4–5); тип В — «неполное чувствительное» (отсутствует двигательная функция ниже неврологического уровня, имеется чувствительность в дерматомах S4–5); тип С — «неполное чувствительное и двигательное» (в ключевых мышцах более 5 парных миотомов, расположенных ниже неврологического уровня, мышечная сила менее 3 баллов); тип D — «неполное двигательное» (более половины пар ключевых мышц ниже неврологического уровня имеют силу 3 балла и более); тип Е — чувствительная и двигательная норма [5, 6].

Ведущее нарушение структуры: s12001.373 — качественные изменения структуры грудного отдела спинного мозга с двух сторон.

При оценке нарушений функционирования выявлены проблемы при мочеиспускании: b6200.3 — мочеиспускание; b6202.3 — регуляция мочеиспускания. Оценка 3 балла — тяжелые нарушения. Умеренные и тяжелые нарушения в силе и тоне мышц: b7303.2 — сила мышц нижней половины тела; b7305.2 — сила мышц туловища; b7353.3 — тонус мышц нижней половины тела. Опорные функции ноги — b7603.3.

При оценке «активности и участия» определены: изменение позы при положении лежа — d4100.3; изменение позы при положении на коленях — d4102.32; изменение позы при положении сидя — d4103.32; поддержание положения тела — d415.32.

Абсолютные нарушения с оценкой 4 балла: d4500.44 — ходьба на короткие расстояния; d4501.44 — ходьба на дальние расстояния. Более подробно элементы реабилитационного диагноза по МКФ изложены до и после реабилитации (табл. 2).

Положительные моменты выявлены при оценке окружающей среды пациента, его социального статуса: e115.+3 — изделия и технологии для личного повседневного использования; e120.+3 — изделия и технологии для персонального передвижения; e310.+3 — семья и ближайшие родственники; e320.+4 — друзья.

Лабораторно выявлена лейкоцит- и бактериурия.

По данным электрокардиограммы, ультразвукового исследования вен нижних конечностей, ультразвукового исследования мочевого пузыря патологии не выявлено.

Реабилитация

В соответствии с клиническими рекомендациями оценка состояния соответствовала восстановительному периоду последствия травмы спинного мозга (ПТСМ). Основу индивидуальной реабилитационной программы составили физические методы лечения, направленные на восстановление функции опорно-двигательного аппарата, профилактику контрактур, ускорение регенеративных и репаративных процессов, повышение компенсаторных возможностей организма, восстановление функций тазовых органов [7].

Реабилитационная программа пациента состояла из медикаментозного лечения, физиотерапии (электростимуляция и лазеротерапия), гидрокинезотерапия в бассейне с минеральной водой, грязелечения (аппликации «костюм»), ручного массажа, лечебной физкультуры (ЛФК), механотерапии, индивидуального психологического консультирования.

В настоящее время в комплексном лечении пострадавших с травмами позвоночника ведущее место отводится физическим упражнениям и воспитания потребности в систематических занятиях лечебной гимнастикой.

Лечебная физическая культура проводилась ежедневно два раза в день. Использовались такие упражнения, как укрепление мышц спины и брюшного пресса. Для мышц верхних конечностей: активные упражнения,

Таблица 2. Динамика реабилитационного диагноза на фоне лечения
Table 2. Dynamics of rehabilitation diagnosis on the background of treatment

Компоненты здоровья по МКФ / Components of health according to the ICF	1-й день (до) / 1 st day (before)	Через 42 дня (после) / 42 nd day (after)
Качественные изменения структуры грудного отдела спинного мозга с двух сторон / Qualitative changes in the structure of the thoracic spinal cord from two sides	s12001.373	s12001.373
Мочеиспускание / Urination	b6200.3	b6200.2
Регуляция мочеиспускания / Regulation of urination	b6202.3	b6202.2
Сила мышц нижней половины тела / The strength of the muscles of the lower half of the body	b7303.2	b7303.1
Сила мышц туловища / The strength of the muscles of the trunk	b7305.2	b7305.1
Тонус мышц нижней половины тела / Muscle tone of the lower half of the body	b7353.3	b7353.2
Тонус мышц туловища / The tone of the muscles of the trunk	b7355.2	b7355.1
Выносливость мышечных групп / Endurance of muscle groups	b7401.2	b7355.1
Моторно-рефлекторные функции / Motor-reflex functions	b750.3	b750.2
Опорные функции ноги / The supporting functions of the leg	b7603.3	b750.2
Функции стереотипа походки / Functions of the gait stereotype	b770.4	b770.3
Ощущение мышечного спазма / A feeling of muscle spasm	b7801.3	b7801.2
Изменение позы при положении лежа / Changing the posture when lying down	d4100.32	d4100.10
Изменение позы при положении на коленях / Changing the position when kneeling	d4102.32	d4102.21
Изменение позы при положении сидя / Changing the posture when sitting	d4103.32	d4103.21
Поддержание положения тела / Maintaining body position	d415.32	d415.21
Перемещение тела / Moving the body	d420.32	d420.21
Перемещение объектов ногами / Moving objects with your feet	d435.43	d435.32
Ходьба на короткие расстояния / Walking short distances	d4500.44	d4500.32
Ходьба на дальние расстояния / Long-distance walking	d4501.44	d4501.32
Передвижение с использованием технических средств / Movement using technical means	d465.21	d465.10
Мытье / Washing	d510.21	d510.10
Физиологические отправления / Physiological functions	d530.43	d530.32
Одевание / Dressing up	d540.32	d540.21
Изделия и технологии для личного повседневного использования / Products and technologies for personal daily use	e115.+3	e115.+3
Изделия и технологии для персонального передвижения / Products and technologies for personal movement	e120.+2	e120.+3
Семья и ближайшие родственники / Family and next of kin	e310.+3	e310.+4
Друзья / Friends	e320.+4	e320.+4

ТАТУНА V. ZHURAVEL ET AL. | CASE REPORT

упражнения с отягощением, с гимнастическим предметами. Для мышц нижних конечностей: пассивно-активные, активные упражнения, упражнения на расслабление; упражнения на равновесие и координацию; упражнения для восстановления правильного двигательного стереотипа. В обязательном порядке в занятиях использовались физические упражнения для формирования и закрепления правильной осанки. Применялись упражнения на реабилитационном тренажере по типу рамы Бубновского, вертикализация пациента у шведской стенки, в брусках. Целью данных упражнений является увеличение объема движений в суставах верхних и нижних конечностей; увеличение мышечной силы и выносливости; расширение двигательного режима. Через день пациент занимался на системе локомоторной терапии. В результате регулярных занятий пациент отмечает увеличение объема движений в суставах нижних конечностей; увеличение мышечной силы нижних конечностей; восстановление правильного паттерна ходьбы; снижение высокого тонуса мышц ног. Для улучшения равновесия и координации движения пациент ежедневно занимался на тренажере «Баланс-Мастер» с биологической обратной связью.

В дальнейшем пациент был обучен самостоятельной ходьбе с использованием низких ходунков. Пациент может пройти по ровной поверхности до 200 м с отдыхом.

С применением опорных тростей пациент самостоятельно поднимается по ступенькам.

Применялась гидрокинезотерапия в бассейне с минеральной водой (среднеминерализованная, бромная, борная минеральная вода хлоридного натриевого состава с повышенным содержанием йода) 30–32 °С, что облегчало процесс восстановления мышц. Увеличение двигательных функций в бассейне оказывало стимулирующее влияние на пациента. Пациента с помощью подъемника опускали в бассейн, где он, удерживаясь за поручни вдоль стенки бассейна, выполнял упражнения для нижних конечностей: сгибание — разгибание, отведение — приведение ног. Гидрокинезотерапия проведена в количестве 20 процедур по 30 минут через день. Перед посещением бассейна пациент катетеризировался.

Проводился массаж с воздействием на мышцы спины и нижних конечностей. Использовались различные приемы массажа.

В реабилитации пациента применялась бессолевая сапропелевая лечебная грязь озера Тараскуль на область мышц спины, верхних и нижних конечностей (температура грязи — 38–40 °С). Продолжительность проводимых процедур — 20 минут, через день, курс — 10 процедур. Пелоидотерапия оказывает спазмолитическое, трофическое, вазоактивное, репаративно-регенераторное, противовоспалительное, иммуностимулирующее действие на организм.

Массаж, сапропелевая лечебная грязь, бассейн с минеральной водой в сочетании с лечебными физическими упражнениями способствовали уменьшению мышечно-го гипертонуса.

Из физиотерапевтических методов реабилитации использовали лечебное воздействие таких физических факторов, как нейроэлектростимуляция и лазерная терапия. Проводилась нейроэлектростимуляция антагонистов спастических мышц аппаратом «ЭСМА 1248» на область мышц поясничного отдела позвоночника и мышц

нижних конечностей. Использовали монополярную методику, при которой активный электрод располагался на двигательной точке стимулируемой мышцы, пассивный — на соответствующем уровне позвоночника. Длительность импульсов — 0,5 мс, частота — 10 в секунду, сила тока — 20 мА. Продолжительность процедуры — 20 минут, через день, курс — 15 процедур. Под влиянием электростимуляции сохраняется сократительная функция денервированной мышцы, улучшается кровообращение. Электростимуляции в сочетании с ЛФК предупреждает атрофию мышц, повышает работоспособность, быстро увеличивает силу мышц и их выносливость.

Также с лечебной целью применялось излучение инфракрасного спектра на аппарате «Рикта» на область шейно-воротниковой зоны для улучшения микроциркуляции, репаративно-регенеративных процессов. Мощность инфракрасного излучения — 20 мВ, частота модуляции — 50–100 импульсов в секунду. Общая продолжительность процедуры — 10 минут, ежедневно, курс — 15 процедур.

Наряду с вышеперечисленными методами физической реабилитации пациенту назначались лекарственные препараты для снижения повышенного мышечного тонуса в виде препаратов миорелаксантов центрального действия. Для уменьшения тревожности, нормализации сна назначались антидепрессанты.

Для улучшения психологического состояния пациент проходил индивидуальное психологическое консультирование.

Динамика и исходы

По итогам лечения (42 дня) пациент отметил улучшение физического состояния в виде повышения толерантности к физическим нагрузкам, расширение двигательного режима, укрепление мышц спины. На момент выписки пациент стал уверенно держать спину в положении сидя, не заваливаясь назад, без дополнительной опоры, начал уверенно стоять в коленно-кистевом положении при выполнении упражнений на равновесие, уверенно стоит в брусках. Равновесие в вертикальном положении удерживает без опоры. Из коляски пациент начал подниматься с опорой на низкие ходунки, ходить с отдыхом по ровной поверхности, опираясь на ходунки, а вдоль стены — с опорой на поручни приставным шагом. С опорой на трости начал подниматься по лестнице. У пациента улучшилось эмоциональное состояние. Пациенту были даны рекомендации по дальнейшей реабилитации в домашних условиях, по использованию технических реабилитационных средств.

Реабилитационный статус при заключительном осмотре положительно изменился: Шкала реабилитационной маршрутизации — 3 балла, Шкала мобильности Ривермид — 7 баллов, Шкала спастичности Эшфорта — 2 балла, Шкала ASIA — D, Шкала FIM — 120 баллов (табл. 1).

В реабилитационном диагнозе после лечения (42 дня) отражена динамика нарушений функционирования: b7303.1 — сила мышц нижней половины тела; b7305.1 — сила мышц туловища; b7353.2 — тонус мышц нижней половины тела; b7355.1 — тонус мышц туловища; b7401.1 — выносливость мышечных групп; b750.2 — моторно-рефлекторные функции; b7603.2 — опорные функции ноги; b770.3 — функции стереотипа походки. b7801.2 — ощу-

щение мышечного спазма. По разделу «активности и участи» динамика: d4100.10 — изменение позы при положении лежа; d4102.21 — изменение позы при положении на коленях; d4103.21 — изменение позы при положении сидя; d415.21 — поддержание положения тела; d420.21 — перемещение тела; d435.32 — перемещение объектов ногами; d4500.32 — ходьба на короткие расстояния; d4501.32 — ходьба на дальние расстояния; d465.10 — передвижение с использованием технических средств. Пациент освоил навыки самостоятельного ухода за собой: d510.10 — мытье; d530.32 — физиологические отправления; d540.21 — одевание (табл. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

После боевой травмы пациенту требуется длительный процесс реабилитации, направленный на восстановление утраченных функций и полноценное возвращение к обычной жизни. Основными принципами реабилитации являются индивидуальный подход, комплексность (мультидисциплинарный подход) и непрерывность восстановления [8, 10]. Первоначально оценивается степень травмы и определяются основные неврологические, двигательные нарушения. Затем разрабатывается индивидуальная программа реабилитации, учитывающая особенности каждого пациента. Основной целью реабилитации является восстановление поврежденных областей спинного мозга, суставов верхних и нижних конечностей, а также компенсация утраченных функций. Для этого применены различные виды терапии, включая физическую, эрготерапию и психологическую поддержку. Важной частью реабилитации явилось развитие навыков самообслуживания и повседневной жизни, повышение мотивации при привлечении эмоциональных связей с друзьями (+4 балла) и поддержки семьи (+3 балла). Реабилитация требует усилий и терпения, как со стороны пациента, так и со стороны медицинского персонала.

В представленном клиническом случае ведущей патологией является посттравматическое состояние с миелопатией, следовательно, при выборе методов реабилитации наиболее логично использовать клинические рекомендации для пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы на втором и третьем этапах медицинской реабилитации, особенно с учетом того, что в данных рекомендациях рассматривается возможность включения бальнеотерапии и грязелечения в курс терапии. В восстановительном и позднем периодах ПСМТ назначают электрофорез противовоспалительных, медикаторных и сосудорасширяющих средств, ультразвуковую

терапию, электростимуляцию мышц, магнитотерапию, гидромассаж и грязелечение, гидро- и бальнеотерапию [9, 10].

Сведения о сапропеле озера Тараскуль имеются в литературных источниках [3, 4]. Грязелечение позволяет нормализовать метаболизм в тканях, улучшить кровоснабжение спинномозговых нервов, что, в свою очередь, улучшило проводимость нервных импульсов и как следствие, способствовало восстановлению иннервации мышц [3, 9].

Наличие выраженного нарушения чувствительности в ногах не препятствует назначению сапропели озера «Тараскуль». Можно предположить, что включение грязелечения усилило компенсаторные возможности пациента. Аналогичное использование природных лечебных факторов отмечено в программах реабилитации пациентов с боевой травмой в санаторных организациях Министерства обороны России [11–13]. Таким образом, включение пелоидотерапии и бальнеотерапии в комплексную программу реабилитации является обоснованным. Для подтверждения клинической эффективности пелоидотерапии в реабилитации пациентов с боевой травмой требуется проведение рандомизированных клинических исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение методов активной медицинской реабилитации с использованием пелоидотерапии возможно на основании адекватной оценки реабилитационного потенциала с учетом характера и тяжести функциональных нарушений, психологических особенностей личности, факторов, окружающих пациента в повседневной жизни и влияющих на их мотивацию, а также с учетом патофизиологии восстановительного процесса.

Комплексная реабилитация с применением ЛФК, физиотерапевтических методов, бальнеотерапии, медикаментозной и психологической поддержки помогает восстановить двигательную активность, координацию движений, увеличить мотивацию к дальнейшей реабилитации и улучшить качество жизни пациента с последствиями боевой травмы. Данный клинический случай раскрывает эффективность комплексной реабилитации пациента с посттравматической миелопатией (боевая травма) в санаторно-курортных условиях, включающей не только методы медикаментозной терапии, физиотерапии, ЛФК и психолого-педагогическую коррекцию, но и природные лечебные факторы. Необходимо использовать все имеющиеся возможности при реализации программ реабилитации в подобных случаях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Журавель Татьяна Владимировна, кандидат медицинских наук, и. о. директора, ФБУ «Центр реабилитации Фонда пенсионного и социального страхования Российской Федерации «Тараскуль».

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7679-7498>

Прокопьева Марина Сергеевна, врач лечебной физкультуры, физической и реабилитационной медицины, ФБУ «Центр реабилитации Фонда пенсионного и социального страхования Российской Федерации «Тараскуль».

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6175-2720>

Туровина Елена Фаридовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой медицинской профилактики и реабилитации, ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: turovinina@tyumsmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6585-0554>

Кравченко Михаил Александрович, врач-невролог, ФБУ «Центр реабилитации Фонда пенсионного и социального страхования Российской Федерации «Тараскуль».

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1899-202X>

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: Журавель Т.В. — верификация данных, написание и редактирование текста статьи; Прокопьева М.С. — обеспечение материалов для публикации, написание черновика статьи; Туровина Е.Ф. — идея исследования, научное обоснование, редактирование рукописи; Кравченко М.А. — проведение исследования.

Источники финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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 Тюменского ГМУ, протокол № 119 от 21.02.2024.

Информированное согласие на публикацию. Получено письменное информированное согласие пациента на публикацию описания клинического случая, результатов обследования и лечения пациента в медицинском журнале, включая его электронную версию.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Tatyana V. Zhuravel, Ph.D. (Med.), Acting Director, Rehabilitation Center of the Pension and Social Insurance Fund of the Russian Federation "Taraskul".

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7679-7498>

Marina S. Prokopyeva, Doctor of Physical Therapy, Physical and Rehabilitation Medicine, Rehabilitation Center of the Pension and Social Insurance Fund of the Russian Federation "Taraskul".

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6175-2720>

Elena F. Turovinina, Dr.Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Medical Prevention and Rehabilitation, Tyumen State Medical University.

E-mail: turovinina@tyumsmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6585-0554>

Mikhail A. Kravchenko, Doctor-neurologist, Rehabilitation Center of the Pension and Social Insurance Fund of the Russian Federation "Taraskul".

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1899-202X>

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: Zhuravel T.V. — data verification, editing; Prokopyeva M.S. — conducting research, writing a draft of the article; Turovinina E.F. — the idea of research, scientific justification, editing; Kravchenko M.A. — conducting research.

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

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

Ethics Approval. The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the 2013 Declaration of Helsinki. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Tyumen State Medical University, Protocol No. 119 dated 02/21/2024.

Informed consent for publication. Written consent was obtained from patient for publication of the clinical case, results of examination and treatment of the patient in the medical journal, including its electronic version.

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. Пономаренко Г.Н. Боевая травма: медико-социальная реабилитация: практическое руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023: 298 с. [Ponomarenko G.N. Boyevaya travma: mediko-sotsial'naya reabilitatsiya (prakticheskoye rukovodstvo). M.: GEOTAR-Media, 2023: 298 p. (In Russ.).]
2. Погонченкова И.В., Щикота А.М., Кашежев А.Г. и др. Современные аспекты медицинской реабилитации лиц с боевой травмой (аналитический обзор литературы). Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2023; 22(2): 115–127. <https://doi.org/10.17816/622930> [Pogonchenkova I.V., Shchikota A.M., Kashezhev A.G., et al. Recent aspects of medical rehabilitation for combat trauma. Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation. 2023; 22(2): 115–127. <https://doi.org/10.17816/622930> (In Russ.).]
3. Клинические рекомендации. Применение пеллоидотерапии в лечебно-профилактических и реабилитационных программах. М., 2015; 31. [Klinicheskiye rekomendatsii. Primeneniye peloidoterapii v lechebno-profilakticheskikh i reabilitatsionnykh programmakh. M., 2015; 31 (In Russ.).]
4. Андреев А.А., Захарченко Н.М. Реабилитация в ФБУ «ЦР ФСС РФ «ТАРАСКУЛЬ» пострадавших вследствие несчастных случаев на производстве в период временной нетрудоспособности. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2021; 98(3–2): 40–41. <https://doi.org/10.17116/kurort20219803221> [Andreev A.A., Zakharchenko N.M. Rehabilitation in the Federal Budgetary Institution "CR FSS RF "TARASKUL" of victims of industrial accidents during a period of temporary disability. Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. 2021; 98(3–2): 40–41. <https://doi.org/10.17116/kurort20219803221> (In Russ.).]
5. Kirshblum S.C., Burns S.P., Biering-Sorensen F., et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury. The Journal of Spinal Cord Medicine. 2011; 34(6): 535–546. <https://doi.org/10.1179/204577211X13207446293695>
6. Rupp R., Biering-Sorensen F., Burns S.P., et al. International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury: Revised 2019. Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation. 2021; 27(2): 1–22. <https://doi.org/10.46292/sci2702-1>
7. Клинические рекомендации. Ведение больных с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы на втором и третьем этапах медицинской и медико-социальной реабилитации. 2017; 326. [Klinicheskiye rekomendatsii. Vedeniye bol'nykh s posledstviyami pozvonochno-spinnomozgovoy travmy na vtorom i tret'yem etapakh meditsinskoy i mediko-sotsial'noy reabilitatsii. 2017; 326 (In Russ.).]

8. Семенкин В.Ф. Современные аспекты реабилитации пациентов после спинальных травм. *Colloquium-Journal*. 2020; 8–2(60): 57–60. [Semenkin V.F. Modern aspects of rehabilitation of patients after spinal injuries. *Colloquium-Journal*. 2020; 8–2(60): 57–60 (In Russ.).]
9. Понамаренко Г.Н. Физическая и реабилитационная медицина. Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019: 512 с. [Ponamarenko G.N. Physical and rehabilitation medicine. National leadership. M.: GEOTAR-Media, 2019: 512 p. (In Russ.).]
10. Антонов Г.И., Мануковский В.А., Чмутин Г.Е. и др. Анализ результатов лечения пациентов с боевой травмой позвоночника и спинного мозга. *Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии*. 2023; (11): 912–921. <https://doi.org/10.33920/med-01-2311-06> [Antonov G.I., Manukovskiy V.A., Chmutin G.E., et al. Analysis of treatment outcomes in patients with combat spinal column and spinal cord injuries. *Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*. 2023; (11): 912–921. <https://doi.org/10.33920/med-01-2311-06> (In Russ.).]
11. Демеев Я.А., Долгих С.В., Кирсанова А.А. и др. Развитие системы медицинской реабилитации в санаторно-курортных организациях Восточного военного округа. *Военно-медицинский журнал*. 2023; 344(8): 12–17. [Demeev Ya.A., Dolgikh S.V., Kirsanova A.A., et al. Development of a system of medical rehabilitation in sanatoriums and resorts organizations of the Eastern military district. *Voenno-meditsinskiy zhurnal*. 2023; 344(8): 12–17. https://doi.org/10.52424/00269050_2023_344_8_12 (In Russ.).]
12. Соболев А.В., Долгих С.В., Кирсанова А.А. и др. Развитие реабилитационного направления в лечении военнослужащих с заболеваниями сердечно-сосудистой и нервной систем, опорно-двигательного аппарата в Санаторно-курортном комплексе «Подмосковье» Минобороны России. *Военно-медицинский журнал*. 2023; 344(7): 15–22. https://doi.org/10.52424/00269050_2023_344_7_15 [Sobolev A.V., Dolgikh S.V., Kirsanova A.A., et al. Development of a rehabilitation direction in the treatment of military personnel with diseases of the musculoskeletal system, nervous, respiratory and cardiovascular systems in the "Podmoskovye" health-resort of the Ministry of Defense of Russia. *The Military Medical Journal*. 2023; 344(7): 15–22. https://doi.org/10.52424/00269050_2023_344_7_15 (In Russ.).]
13. Довгань И.А., Хашчук Т.А., Хашчук А.В. Этапная реабилитация больных с позвоночно-спинномозговой травмой в условиях Сакского военного клинического санатория им. Н.И. Пирогова. *Военно-медицинский журнал*. 2015; 336(7): 25–30. <https://doi.org/10.17816/RMMJ73932> [Dovgan I.A., Khashchuk T.A., Khashchuk A.V. Staging rehabilitation of patients with spinal cord injuries in the Saki central military clinical resort after N.I. Pirogov. *Voenno-meditsinskiy zhurnal*. 2015; 336(7): 25–30. <https://doi.org/10.17816/RMMJ73932> (In Russ.).]