



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
БИОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ИМ. А.И. БУРНАЗЯНА
ФМБЦ РОССИИ

ISSN 2782-6430

КЛИНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК ФМБЦ им. А.И. Бурназяна

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center

CLINICAL BULLETIN

2025

№2



*Дорогие читатели журнала,
дорогие коллеги!*

С огромной радостью представляю вам второй номер журнала «Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна», который продолжает традицию углублённого научного диалога о современных вызовах медицины. Ключевая задача издания — повышение уровня информированности врачей всех специальностей о возможностях внедрения инновационных медицинских технологий в клиническую практику, а также оценка их эффективности и безопасности. И в этом номере мы делаем важный акцент на медицинских аспектах в спорте.



Почему именно спорт? Федеральное медико-биологическое агентство в рамках своей миссии, активно способствует развитию научно-практической базы для поддержки спорта высших достижений и массовой физической культуры. Это особенно важно в контексте задач, обозначенных Советом при Президенте Российской Федерации по развитию физической культуры и спорта, который акцентирует внимание на интеграции медицинских инноваций в программы подготовки спортсменов и популяризацию здорового образа жизни среди населения.

Особое место в этом выпуске занимает тема интеграции восстановительной медицины в повседневную клиническую практику. Сегодня, когда спорт является частью культуры миллионов, а физическая активность — неотъемлемым элементом терапии хронических заболеваний, умение работать на стыке спортивной науки, профилактики и реабилитации превращается в критически важный навык для врача любой специальности.

Уверен, что материалы издания станут ценным инструментом для врачей, помогая им внедрять научные достижения в повседневную практику. Благодарю авторов за глубокие исследования, рецензентов — за профессионализм, а читателей — за интерес к нашему журналу. Вместе мы делаем шаг к медицине будущего!

*Главный редактор журнала
«Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна»
член-корреспондент РАН*

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'A' followed by a long, sweeping line that curves upwards and to the right.

А.С. Самойлов

КЛИНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. № 2

Периодичность издания: четыре выпуска в год

Учредитель и издатель:

Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации,
Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна

Миссия журнала – публикация научных статей и обзоров по проблемам профилактики, диагностики, передовых методов диагностики лечения и реабилитации больных с онкологическими, хирургическими, кардиологическими, неврологическими, гематологическими заболеваниями, травматологии, анестезиологии и реанимации.

Цель журнала – освещение передовых достижений клинической медицины для оказания методической помощи широкому кругу клинических специалистов.

Главный редактор: *Самойлов Александр Сергеевич* – д.м.н., проф., член-корр. РАН;
Заместитель главного редактора: *Олесова Валентина Николаевна* – д.м.н., профессор;
Научный редактор: *Праскурничий Евгений Аркадьевич* – д.м.н., профессор.

Редакционная коллегия https://klinvest.fmbafmbc.ru/edit_ru

Азимова Ю.Э. – д.м.н., ФГБУ «НИИ общей патологии и патофизиологии».
Астрелина Т.А. – д.м.н., профессор, ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России.
Ахаладзе Г.Г. – д.м.н., профессор, ФГБУ РНЦ рентгенодиагностики МЗ РФ.
Восканян С.Э. – д.м.н., профессор, член-корр. РАН, ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России.
Дубров В.Э. – д.м.н., профессор, ГОУ ВПО «МГУ им. М.В. Ломоносова».
Ефанов М.Г. – д.м.н., профессор, МКНЦ им. А.С. Логанова ДЗМ.
Журавель С.В. – д.м.н., профессор, ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ».
Ионова Е.А. – д.м.н., ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России.
Казиков В.Ф. – д.м.н., профессор, ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России.
Колбахова С.Н. – к.м.н., доцент, ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Петинати Н.А. – к.м.н., ФГБУ НИИЦ гематологии МЗ РФ.
Полугаев К.А. – д.м.н., доцент, ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ».
Рогачева Е.Р. – д.м.н., профессор, ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России.
Рылова Н.В. – д.м.н., профессор, ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России.
Серета А.П. – д.м.н., профессор, ФГБУ НИИЦ травматологии и ортопедии им. Р. Р. Вредена МЗ РФ.
Синкин М.В. – к.м.н., ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ».
Хабарина Н.В. – д.м.н., доцент, ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России.
Шахнович П.Г. – д.м.н., ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управделами Президента РФ.
Шейх Ж.В. – д.м.н., профессор, ГБУЗ «ГКБ имени С.П. Боткина» ДЗМ.

Редакционный совет https://klinvest.fmbafmbc.ru/edit_ru

Джабер Ибрагим (Jaber Ibrahim) – профессор ортопедии и хирургии суставов медицинского факультета Дамасского университета (Сирия).
Дидковский Николай Антонович – д.м.н., профессор, Заслуженный врач РФ, руководитель лаборатории клинической иммунологии ФГБУ ФНЦ физико-химической медицины ФМБА России.
Киочи Такаори (Kioichi Takaoi) – MD, PhD, FACS, FMAS(N) IASGO Secretary General Department of Surgery Kyoto University Hospital Kyoto, Japan (Япония).
Котельников Геннадий Петрович – д.м.н., профессор, академик РАН, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии Самарского государственного медицинского университета.
Кульчицкая Детелина Борисова – д.м.н., профессор кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России, профессор ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии МЗ РФ.

Никола Владимир Владимирович – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник отделения реанимации и интенсивной терапии I Российского научного центра хирургии им. акад. Б.В. Петровского.
Ридэн Татьяна Владимировна – д.м.н., профессор, эксперт ГБУЗ НПКЦ диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ, врач радиолог Центрального института диагностической и интервенционной радиологии Клиники г. Людвигсхафен-на-Рейне (Германия). Член ESR, POP.
Стоянович Людмила – MD, PhD, профессор Белградского университета (Сербия).
Федорова Наталья Владимировна – д.м.н., профессор кафедры неврологии Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования.
Фехсе Борис – профессор, доктор медицины, научный руководитель Центра онкологии Междисциплинарной клиники и поликлиники трансплантации стволовых клеток Униклиники Гамбург-Эппендорф (Германия).

Журнал входит в перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК, индексируется в РИНЦ

Осуществляется контроль заимствований и плагиата. Журнал придерживается политики открытого рецензирования. Все выпуски журнала находятся в открытом доступе. Плата за публикации не взимается.

Электронная версия журнала: <https://klinvest.fmbafmbc.ru/vypuski-jornal-ru>

Правила рецензирования: https://klinvest.fmbafmbc.ru/review_ru

Правила представления рукописей для опубликования в журнале: https://klinvest.fmbafmbc.ru/rules_ru

Компьютерная верстка и техническое редактирование Лихачева С.К.

Адрес редакции журнала: 123098, Москва, ул. Живописная, 46; Телефон: (499) 190-59-60; E-mail: rcdm@mail.ru

Сайт журнала: <http://klinvest.fmbafmbc.ru/>

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре. Рег. номер: ПИ № ФС77-82512 от 23 декабря 2021 г.

Подписано в печать 05.05.2025. Формат 60×90/8 Печать офсетная. 9,25 печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 2024

Отпечатано в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. 123098, Москва, ул. Живописная, 46

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center

CLINICAL BULLETIN

Klinicheskii Vestnik

2025. № 2

Frequency of publication: four issues per year

Founder & publisher:

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia

Mission – publication of scientific articles and reviews on the problems of prevention, diagnosis, advanced methods of diagnostics and treatment and rehabilitation of patients with oncological, surgical, cardiological, neurological, hematological diseases, traumatology, anesthesiology and resuscitation.
Purpose – inform about advanced achievements of clinical medicine to provide methodological assistance a wide range of clinical professionals.

Editor-in-Chief: *Samoylov A.S.* – Dr. Sci. Med., Prof., Corresponding Member of RAS;

Deputy Editor-in-Chief: *Olesova V.N.* – Dr. Sci. Med., Prof.;

Deputy Editor-in-Chief for Science: *Praskurnichiy E.A.* – Dr. Sc. (Med.), Prof..

Editorial Board https://klinvest.fmbafmbc.ru/edit_ru

Azimova Ju. Ed. –

Dr. Sc. (Med.), Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, Russia.

Astrelina T.A. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia.

Ahaladze G.G. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., Russian Scientific Center of Roentgenology & Radiology, Moscow, Russia.

Voskanyan S.E. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., Corresponding member of RAS, A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia.

Dubrov V.E. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., Lomonosov Moscow State University, Russia.

Efanov M.G. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., A.S. Loginov MCSC, Moscow, Russia.

Dr. Sc. (Med.), Prof., N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow, Russia.

Ionova E.A. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia.

Kazakov V.F. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia.

Kolbahova S.N. –

PhD (Med.), Assoc. Prof., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia.

Petinati N.A. –

PhD (Med.), National Medical Research Center of Hematology, Moscow, Russia.

Popugayev K.A. –

Dr. Sc. (Med.), Assoc. Prof., N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow, Russia.

Rogacheva E.R. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia.

Rylova N.V. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia.

Sereda A.P. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., R.R. Vreden Institute of Traumatology and Orthopedics named, Moscow, Russia.

Sinkin M.V. –

PhD (Med.), N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow, Russia.

Dr. Sc. (Med.), Associate Prof., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia.

Shakhnovich P.G. –

Dr. Sc. (Med.), Central Clinical Hospital of the Administrative directorate of the President of the Russian Federation.

Sheikh Zh.V. –

Dr. Sc. (Med.), Prof., S.P. Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia.

Editorial Council https://klinvest.fmbafmbc.ru/edit_ru

Jaber Ibrahim –

Professor of the Orthopedics and Joint Surgery of the Medical Faculty of Damascus University

Didkovskiy Nikolay Antonovich –

Dr. Sc. (Med.), Prof., Honored doctor of the Russian Federation, Head of the Laboratory of Clinical Immunology of the FSBI Federal Research and Clinical Center of Physical-Chemical Medicine of the of the FMBA of Russia

Kioichi Takaori –

MD, PhD, FACS, FMAS(H) IASGO Secretary General Department of Surgery Kyoto University Hospital Kyoto, Japan

Kotelnikov Gennady Petrovich –

Dr. Sc. (Med.), Prof., Academician of RAS, Head of the Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery of the Samara State Medical University

Kulchitskaya Detelina Borisovna –

Dr. Sc. (Med.), Professor at the Department of Restorative Medicine, Balneology and Physiotherapy, Nursing with a course of sports medicine of the MBU ICE of A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of the FMBA of Russia, Professor at the FSBI "National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology" of the Ministry of Health of the Russian Federation

Nikoda Vladimir Vladimirovich –

Dr. Sc. (Med.), Prof., Chief scientific officer of the Resuscitation and Intensive Care Department of the First Russian Scientific Centre of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky

Riden Tatyana Vladimirovna –

Dr. Sc. (Med.), Prof., Expert-adviser of the FSBI Scientific and practical clinical center of diagnostics and telemedicine technologies of the Moscow Department of Healthcare, radiologist of the Institute of Diagnostic and Interventional Radiology Clinics in Ludwigshafen am Rhein, Member of the ESR, RSR.

Stoyanovich Lyudmila –

MD, PhD, Professor at the University of Belgrade

Fedorova Nataliya Vladimirovna –

Dr. Sc. (Med.), Professor at the Department of Neurology of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education

Fehse Boris –

Dr. Sc. (Med.), Prof., Scientific director of the The Center for Oncology and the Department of Stem Cell Transplantation of the University Medical Center Hamburg-Eppendorf

The Journal is in the leading scientific journals of the Supreme Examination Board (VAK), RSCI

Control is carried out of borrowings and plagiarism. The journal adheres to the policy of open review. All issues of the journal are in the public domain. Publication is free of charge.

Electronic version of the journal: <https://klinvest.fmbafmbc.ru/vypuski-jornal-ru>
Reviews of articles are presented on the NDЛ website: https://klinvest.fmbafmbc.ru/review_ru
Requirements: https://klinvest.fmbafmbc.ru/rules_ru

Computer-aided makeup: Likhacheva S.K.

Editorial Office Address: 46, Zhivopisnaya st., Moscow, Russia, 123098. Phone: (499) 190-59-60. E-mail: rdm@mail.ru

The journal website: <http://klinvest.fmbafmbc.ru/>

The journal is registered by ROSKOMNADZOR. Reg. No.: PI No FS77-82512 dated december 23, 2021.

Signed to print 05.05.2025. Format 60×90/8. Offset printing. 9.25 printed sheets. 1000 copies. Order 2024

Printed by SRC-FMBC. 123098, Moscow, Zhivopisnaya st. 46

СОДЕРЖАНИЕ

- СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА
- 5 **Анализ структуры заболеваемости у спортсменов на основе результатов углубленных медицинских обследований и ее динамика за десятилетний период (2014-2023 гг.)**
Самойлов А.С., Петрова В.В., Мартынова Т.А., Назарян С.Е., Зарецкая Т.Н., Сапов Д.А.
- 13 **Предупреждение нарушений антидопинговых правил при наиболее распространенных заболеваниях у спортсменов**
Деревоедов А.А., Рылова Н.В., Жолинский А.В., Феценко В.С., Высокский И.Э., Выходец И.Т., Павлова А.А., Кузнецова Е.В.
- 22 **Прогноз снижения работоспособности спортсменов высокого класса**
Самойлов А.С., Петрова В.В., Шулепов П.А., Богоявленских Н.С., Сапов Д.А., Мартынова Т.А.
- 28 **Вероятность выявления нозологических единиц у спортсменов высокого класса циклических видов спорта при углубленном медицинском обследовании (трехлетний ретроспективный анализ)**
Самойлов А.С., Петрова В.В., Шулепов П.А., Мартынова Т.А., Сапов Д.А.
- 34 **Актуальные аспекты оценки композиционного состава тела в клинической практике**
Самойлов А.С., Рылова Н.В., Жолинский А.В., Голобородько Е.В., Бодров А.В.
- 40 **Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы на фоне интенсивных физических нагрузок**
Рылова Н.В., Аксенова Н.В.
- ХИРУРГИЯ
- 46 **Парадуоденальный панкреатит (клинический случай)**
Пышкина Ю.С., Ушаков Н.Г., Розаков М.Ш.
- 52 **Сравнительная оценка покрытий из внеклеточного матрикса плаценты человека для регенерации на модели химического ожога**
Астрелина Т.А., Завьялов А.О., Усупжанова Д.Ю., Кобзева И.В., Сучкова Ю.Б., Брунчуков В.А., Меркулов М.В., Михадаркина О.Г., Никитина В.А., Маливанова Т.Ф., Дубова Е.А., Лищук С.В., Павлов К.А., Серова О.Ф., Самойлов А.С.
- ОНКОЛОГИЯ
- 59 **Функциональные нарушения после мастэктомии. Методы их коррекции**
Медведев К.И., Завьялов А.А.
- 65 **Инновационные направления в лечении сарком**
Нарыков А.В. Завьялов А.А.
- РАЗНОЕ
- 72 **Открытое овальное окно в практике врача по водолазной медицине**
Амиров Р.Р., Павлов Н.Б., Праскурничий Е.А., Махнева И.С., Недельская Т.Ю.

CONTENTS

- SPORTS MEDICINE 5 **Structure of Morbidity in Athletes Based on the Results of in-Depth Medical Examinations and its Dynamics Over a Ten-Year Period (2014-2023)**
Samoilov A.S., Petrova V.V., Martynova T.A., Nazaryan S.E., Zaretskaia T.N., Sapov D.A.
- 13 **Prevention of Anti-Doping Rule Violations in the Most Common Diseases Among Athletes**
Derevoedov A.A., Rylova N.V., Zholinsky A.V., Feshchenko V.S., Vysotsky I.E., Vykhodets I.T., Pavlova A.A., Kuznetsova E.V.
- 22 **Forecast of Decline in Physical Performance of Elite Athletes**
Samoilov A.S., Petrova V.V., Shulepov P.A., Bogoiavlenskikh N.S., Sapov D.A., Martynova T.A.
- 28 **Probability of Detecting Nosological Units in High-Class Athletes of Cyclic Sports During in-Depth Medical Examination (Three-Year Retrospective Analysis)**
Samoilov A.S., Petrova V.V., P.A. Shulepov, Martynova T.A., Sapov D.A.
- 34 **Current Aspects of Assessing Body Composition in Clinical Practice**
Samoylov A.S., Rylova N.V., Zholinskiy A.V., Goloborodko E.V., Bodrov A.V.
- 40 **Changes in the Activity of the Cardiovascular System Against the Background of Intense Physical Exertion**
Rylova N.V., Aksenov N.V.
- SURGERY 46 **Paraduodenal Pancreatitis (a Case Report)**
Pyshkina Yu.S., Ushakov N.G., Rozakov M.Sh.
- 52 **Comparative Evaluation of the Coating of Extracellular Matrix from Placenta of Human for Regeneration in a Chemical Burn Model**
Astrelina T.A., Zavyalov A.O., Usupzhanova D.Yu., Kobzeva I.V., Suchkova Yu.B., Brunchukov V.A., Merkulov M.V., Mikhadarkina O.G., Nikitina V.A., Malivanova T.F., Dubova E.A., Lishchuk S.V., Pavlov K., Serova O.F., Samoilov A.S.
- ONCOLOGY 59 **Functional Disorders after Mastectomy. Methods for Their Correction**
Medvedev K.I., Zavialov A. A
- 65 **Innovative Directions in the Treatment of Sarcomas**
Narykov A.V., Zavialov A.A.
- MISCELLANEOUS 72 **Patent Foramen Ovale in a Doctor's Practice in Diving Medicine**
Amirov R.R., Pavlov N.B., Praskurnichy E.A., Makhneva I.S., Nedel'skaya T.U.

А.С. Самойлов, В.В. Петрова, Т.А. Мартынова, С.Е. Назарян, Т.Н. Зарецкая, Д.А. Сапов

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ У СПОРТСМЕНОВ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УГЛУБЛЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ И ЕЕ ДИНАМИКА ЗА ДЕСЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД (2014-2023 гг.)

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Петрова Виктория Викторовна: vpetrova@fmbcfmba.ru

Резюме

Проведенное исследование направлено на анализ структуры заболеваемости у спортсменов на основе результатов углубленных медицинских обследований, проведенных в течение последнего десятилетия. За этот период наблюдаются значительные изменения в спортивной среде, связанные с увеличением уровня профессионализма, изменением тренировочных методик и воздействием различных факторов окружающей среды. Эти изменения могут оказывать влияние на здоровье спортсменов и приводить к изменению структуры заболеваемости.

Основной целью динамического наблюдения за состоянием здоровья спортсменов (особенно высокого класса) является раннее выявление функциональных нарушений и заболеваний, что позволяет своевременно проводить профилактические и лечебные мероприятия для сохранения их здоровья, снижения риска негативного влияния на физическую работоспособность и, как итог, повышения эффективности спортивной деятельности, выражающейся в спортивных результатах.

Результаты данного анализа могут быть полезны как для тренеров и врачей, так и для самих спортсменов, стремящихся к повышению своей физической подготовки и сохранению здоровья. В данном анализе не представлены данные, полученные врачами урологами и гинекологами, поскольку все остальные аспекты были исследованы без учета половой принадлежности спортсменов.

Ключевые слова: углубленное медицинское обследование, спортсмены высокого класса, диагноз, структура заболеваемости, допуск к занятиям спортом

Для цитирования: Самойлов А.С., Петрова В.В., Мартынова Т.А., Назарян С.Е., Зарецкая Т.Н., Сапов Д.А. Анализ структуры заболеваемости у спортсменов на основе результатов углубленных медицинских обследований и ее динамика за десятилетний период (2014-2023 гг.)// Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 05–12. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-05-12

A.S. Samoilov, V.V. Petrova, T.A. Martynova, S.E. Nazaryan, T.N. Zaretskaia, D.A. Sapov

Structure of Morbidity in Athletes Based on the Results of in-Depth Medical Examinations and its Dynamics Over a Ten-Year Period (2014-2023)

International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Petrova Victoriya Victorovna: vpetrova@fmbcfmba.ru

Abstract

This article contains thorough analysis of the structure of morbidity in athletes based on the results of in-depth medical examinations conducted over the last decade. During this period, significant changes have been observed in the sports environment associated with an increase in the level of professionalism, changes in training methods and the impact of various environmental factors. These changes can affect the health of athletes and lead to a change in the structure of morbidity.

The main goal of dynamic monitoring of high-class (especially) athlete's health is the early detection of functional disorders and diseases, which allows for timely preventive and therapeutic measures to maintain their health, reduce the risk of negative impact on physical performance and, as a result, increase the effectiveness of sports activities, expressed in sports results.

The results of this analysis can be useful both for coaches and doctors, and for the athletes themselves, striving to improve their physical fitness and maintain health. This analysis does not include data obtained by urologists and gynecologists, since all other aspects were examined without taking into account the gender of the athletes.

Keywords: in-depth medical examination, high-class athletes, diagnosis, morbidity structure, admission to sports

For citation: Samoilov AS, Petrova VV, Martynova TA, Nazaryan SE, Zaretskaia TN, Sapov DA. Structure of Morbidity in Athletes Based on the Results of in-Depth Medical Examinations and its Dynamics Over a Ten-Year Period (2014-2023). A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.2:05-12. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-05-12

Введение

Изучение заболеваемости среди спортсменов высокого класса представляет собой важный аспект в понимании проблематики выявления влияния спортивной нагрузки на их здоровье и профессиональные достижения. Общеизвестно, что в условиях интенсивных тренировок и высоких физических и психоэмоциональных нагрузок спортсмены находятся в зоне риска развития перенапряжения и перетренированности, срыва процессов адаптации, которые без должной коррекции могут вызвать дебют острого заболевания или обострение хронической нозологии, что в свою очередь в значительной степени может негативно повлиять на снижение их работоспособности и качества жизни.

Стратегия и тактика подготовки спортсменов высокого класса требуют от спортивного сообщества воплощения в жизнь системы многолетнего совершенствования спортивного мастерства для достижения наивысшего уровня подготовленности в избранном виде спорта для участия в рейтинговых соревнованиях, таких как Чемпионат России. В связи с этим спортсменами высокого класса называют именно спортсменов, имеющих спортивное звание и выступающих на спортивных соревнованиях в целях достижения высоких спортивных результатов.

Углубленные медицинские обследования (УМО) спортсменов играют ключевую роль в выявлении и мониторинге их уровня здоровья, позволяя не только диагностировать существующие заболевания, но и управлять возможными рисками снижения физической работоспособности. В настоящее время основным результатом после проведения периодических медицинских обследований, включающих осмотры врачей-специалистов, клинико-лабораторные и функционально-диагностические методы обследования спортсменов, является принятие аргументированного решения о возможности их допуска к тренировочным мероприятиям и к участию в спортивных соревнованиях.

По мнению ряда отечественных авторов, результаты проведения УМО спортсменов и их анализ свидетельствуют о важности регулярного полноценного обследования состояния здоровья спортсменов, выявления у них различных функциональных нарушений и заболеваний для организации и проведения профилактических мероприятий и лечения в целях максимального сохранения здоровья спортсменов и повышения спортивной результативности [1, 2].

Существует мнение, при котором медицинское обследование спортсменов должно быть направлено преимущественно на предоставление тренерам информации о безопасности участия его подопечного в спортивных мероприятиях и выявлении состояний, при которых это участие запрещено [6]. При анализе иностранных источников становится очевидным, что коллеги большее значение придают не периодическим медицинским обследованиям, а предсоревновательным осмотрам, тем самым оценивая не здоровье спортсменов, а их текущее состояние [5, 7, 9].

Особое внимание при проведении любого вида медико-биологического обследования спортсмена

традиционно уделяется кардиологическим аспектам, особенно в части, касающейся выявления состояний, являющихся предикторами угрозы жизни (включая риск внезапной остановки сердца и др.) [3, 8].

Материалы и методы

В настоящем исследовании для выявления особенностей в структуре и динамике заболеваемости у спортсменов высокого класса, проходивших обследование в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, был проведен анализ их медицинской документации, включающей данные УМО в период с 2014 по 2023 год (таблица 1). Количество УМО спортсменов за этот период составило более 36 000 обследований. Количество уникальных спортсменов, которые были обследованы в рамках УМО в нашем центре за анализируемые 10 лет составило около 27 000 человек, из которых 42,7% женщин и 57,3% мужчин.

Порядок проведения УМО спортсменов высокого класса определен Приказом Минздрава России №1144н от 23.10.2020 г. и включает в себя осмотры врачей-специалистов (травматолог-ортопед, хирург, терапевт, невролог, оториноларинголог, офтальмолог, кардиолог, гинеколог или уролог, дерматовенеролог, стоматолог, медицинский психолог/психотерапевт), клинико-лабораторные и функционально-диагностические методы обследования спортсменов [4].

Результаты и их обсуждение

Динамика качественного и количественного состава спортсменов, прошедших углубленное медицинское обследование в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период 2014-2023 гг. представлена в таблице.

Проводя сравнение заболеваемости у спортсменов по данным УМО, было выявлено, что среднее количество нозологических единиц на 1 спортсмена в 2014 году составило $5,0 \pm 0,3$ (ед.), в 2015 году - $5,8 \pm 0,6$ (ед.), в 2016 году - $5,3 \pm 0,4$ (ед.), в 2017 году - $4,9 \pm 0,2$ (ед.), в 2018 году - $4,3 \pm 0,2$ (ед.), в 2019 году - $4,0 \pm 0,2$ (ед.), в 2020 году - $3,5 \pm 0,2$ (ед.), в 2021 году - $3,8 \pm 0,2$ (ед.), в 2022 году - $3,9 \pm 0,2$ (ед.) и в 2023 году - $3,5 \pm 0,2$ (ед.). Исходя из того, что у одного спортсмена может быть выявлено несколько заболеваний, мы видим явную положительную динамику данного показателя. Если в 2014-2016 гг. данный показатель составлял более 5 единиц на одного спортсмена, то в 2020-2023 гг. среднее количество нозологических единиц на спортсмена не превысило 3,9 единиц. По нашему мнению, это связано с совершенствованием системы медико-биологического сопровождения спортсменов целиком и ее отдельных звеньев.

На рис. 1 мы приводим данные, наглядно отражающие динамику количественных показателей выявленных нозологических единиц в зависимости от врача-специалиста при проведении углубленного медицинского обследования спортсменов в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна за период 2014-2023 гг.

Обращает на себя внимание, что у спортсменов наименее подвержена количественным

Таблица

Динамика качественного и количественного состава спортсменов, прошедших углубленное медицинское обследование в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период 2014-2023 гг.
Athletes (qualitative and quantitative composition), who underwent in-depth medical examination at SRC-FMBC in the period 2014-2023

Год		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Количество УМО, проведенных за год, ед.		1890	2746	2109	4575	4181	4670	3161	3815	4556	4553
Количество уникальных спортсменов, чел		1379	1795	1572	3271	3115	3491	2607	3028	3459	3719
Количество спортсменов-мужчин, %		56,1	57,2	57,1	58,5	57,1	60,2	53,9	56,0	57,8	58,8
Количество спортсменов-женщин, %		43,9	42,8	42,9	41,5	42,9	39,8	46,1	44,0	42,2	41,2
Количество спортсменов в зависимости от группы видов спорта	Единоборства, %	1,3	0,9	4,7	35,3	40,4	41,0	39,4	34,8	46,5	46,5
	Игровые, %	24,6	28,6	23,9	19,4	17,5	18,6	20,4	23,7	16,9	18,9
	Скоростно-силовые, %	1,2	2,6	2,3	1,9	2,6	2,5	1,8	2,4	1,7	1,3
	Сложно-координационные, %	5,6	6,3	9,6	10,2	10,9	7,3	12,7	9,2	8,7	7,8
	Циклические виды спорта, %	67,4	61,6	59,5	33,3	28,6	30,5	25,7	29,9	26,3	25,6
Среднее количество нозологических единиц на 1 спортсмена, ед.		5,0± 0,3	5,8± 0,6	5,3± 0,4	4,9± 0,2	4,3± 0,2	4,0± 0,2	3,5± 0,2	3,8± 0,2	3,9± 0,2	3,5± 0,2

динамическим изменениям заболеваемость, выявленная дерматологами, стоматологами, эндокринологами и офтальмологами. Наиболее волатильными показали себя данные ЛОР-врачей, кардиологов, гастроэнтерологов и неврологов.

Говоря о качественном анализе заболеваемости, среди дерматологических болезней выросло число случаев инфекционных заболеваний (26,1% в 2014 году, 31,2% в 2016 году, порядка 40% с 2018 по 2021 гг., более 70% в 2023 году), при одновременном снижении вирусных и неинфекционных (аллергических) заболеваний. Так, например, на их долю суммарно в 2014 году приходилось 42,5% случаев, выявленных на УМО, а в 2023 году 17,2%.

При анализе эндокринологических диагнозов за весь период с 2014 по 2023 гг. прослеживается устойчивое преобладание заболеваний щитовидной железы (минимум 63,5% от всех диагнозов в 2023 году, максимум – 86,8% в 2015 году). Патология надпочечников встречалась реже других (варианты диагнозов «Гиперкортицизм» либо «Гипокортицизм» суммарно ни в один из годов не превысили 8,3%). Встречаемость нарушений со стороны гипофиза варьировалась от 8,6% в 2018 году до 23,5% в 2023 году.

Согласно данным, полученным при проведении анализа нозологий, выявленных офтальмологами, становится очевидным преобладание нарушений остроты зрения (миопия, гиперметропия и астигматизм), а также патологии сетчатки (дистрофические и дегенеративные изменения). Одна из офтальмологических нозологий, в зависимости от года наблюдения, встречалась с частотой от 32% до 54% случаев из 100% спортсменов.

Стоматологические проблемы ежегодно встречаются приблизительно у 40-45% спортсменов (более 95% из них приходятся на инфекционные заболевания, такие как кариес, пульпит, периодонтит и др.).

Рассматривая гастроэнтерологические диагнозы, следует отметить, что в 2014-2017 гг. главенствующее место занимали заболевания печени и желчного пузыря (наибольшая частота была зафиксирована в 2016 году и составила 63,7% от всех диагнозов гастроэнтеролога). В последующем, начиная с 2019 года, данная группа диагнозов регистрировалась значительно реже, одновременно с этим наблюдался рост числа заболеваний желудка и двенадцатиперстной кишки (максимальный процент составил 53,2% в 2021 году). Суммарное процентное соотношение болезней пищевода, поджелудочной железы и кишечника за все 10 лет не превысило 32% (исключение составил 2018 год, когда на долю только заболеваний пищевода пришлось 34%).

При анализе данных частоты встречаемости кардиологических диагнозов у спортсменов, была выявлена тенденция к её устойчивому росту. Так, если в 2014 году кардиологическая патология выявлялась у приблизительно 40% спортсменов, то в период с 2018 по 2020 гг. этот показатель устойчиво превышал 60%, а начиная с 2021 года приблизился и даже превысил 90%. При этом, если до 2019 года подавляющее большинство кардиологических диагнозов было связано с изменениями в клапанном аппарате сердца (от 44,0% до 68,8%), то в последующем стал очевиден рост выявления состояний связанных с нарушениями ритма (максимум в 2023

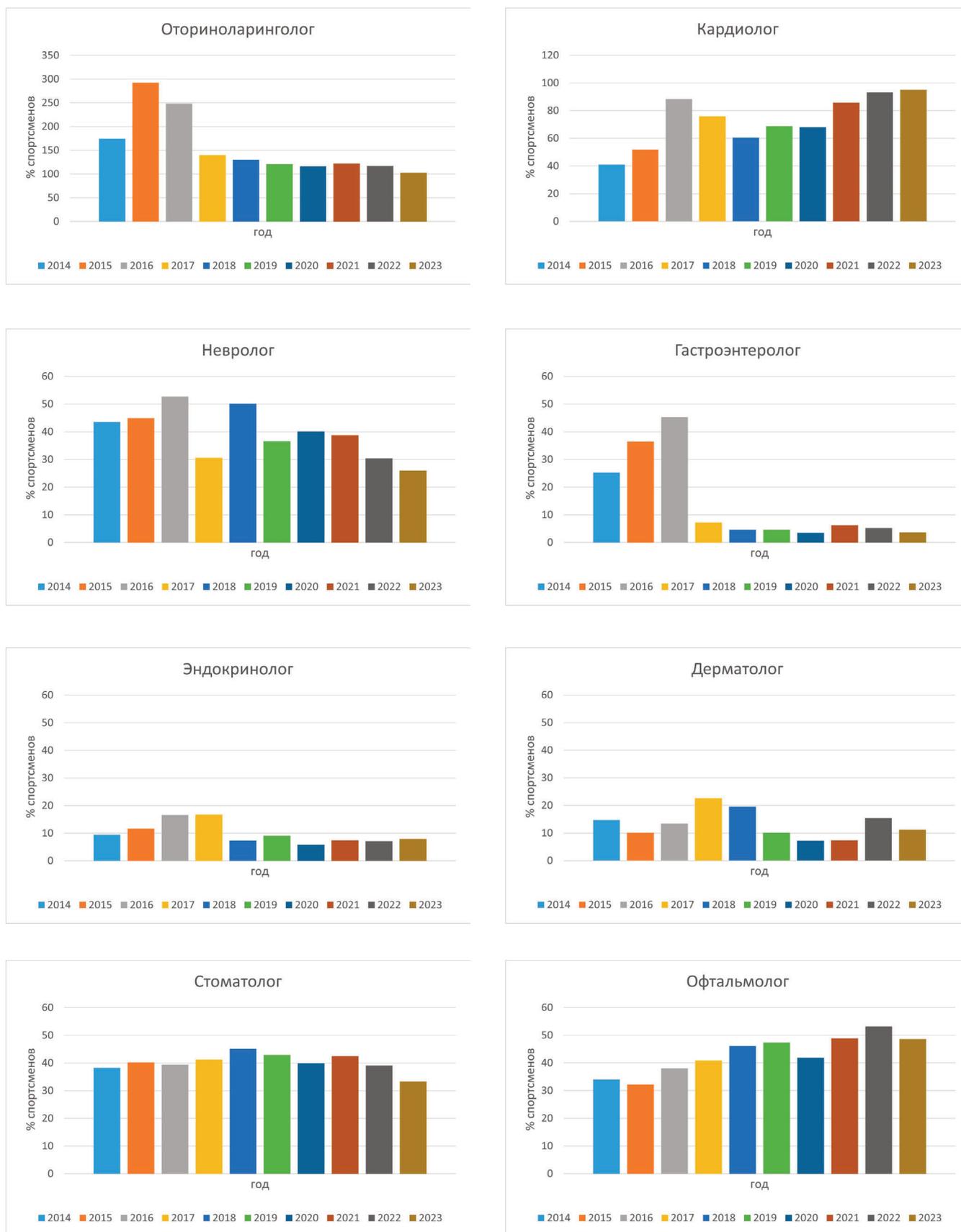


Рис. 1. Особенности динамики количественных показателей выявленных нозологических единиц в зависимости от врача-специалиста при проведении углубленного медицинского обследования спортсменов в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период 2014-2023 гг.

Fig. 1. Features of the dynamics of quantitative indicators of identified nosological units depending on the physician during an in-depth medical examination of athletes at the SRC-FMBC in the period 2014-2023

году составил 44,4%) и структурными (дистрофическими) изменениями сердечной мышцы (максимум 38,6% в 2022 году).

Частота встречаемости неврологических диагнозов у спортсменов имеет умеренно стабильный тренд к снижению, который стал наиболее очевидным после 2020 года (устойчивое ежегодное снижение с 40,2% до 26,8% в течение 4-х лет). При этом среди данной группы нозологий устойчиво из года в год лидируют дегенеративно-дистрофические изменения (дорсопатии различной локализации с дегенеративными изменениями, невралгии на фоне дегенеративных изменений и др.) и составляют не менее 70%, на втором месте традиционно травматические или посттравматические поражения с встречаемостью на уровне 10-15%.

В связи с тем, что наибольшее количество диагнозов как в абсолютных цифрах, так и в процентном соотношении (доля), поставленных врачами-специалистами при проведении углубленного медицинского обследования спортсменов в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период 2014-2023 гг. приходилось на оториноларинголога, то мы приняли решение привести более детальный анализ полученных данных (рис. 2).

При использовании классификации ЛОР-патологии по органному принципу (болезнь уха, горла или носа) выявлено, что преобладающими были диагнозы, которые относились к заболеваниям носа (от наименьшего значения в 51,5% в 2015 году до 65,8% в 2017 году); среди них наиболее часто встречались риниты различной этиологии и искривление носовой перегородки. На втором месте по частоте встречаемости были заболевания горла (от минимума 24,2% в 2018 году до максимума 35,0% в 2021 году), наиболее частой патологией была гипертрофия миндалин различной степени (хронический тонзиллит). Заболевания уха по частоте встречаемости находились на третьем месте и варьировались от 2,6% в 2021 году до 15,1% в 2023 году. Одной из наиболее часто встречающихся нозологий являлся острый отит, на втором месте была травматическая деформация ушной раковины, на третьем – серная пробка (как односторонняя, так и с обеих сторон).

На следующем этапе проводимого нами анализа, мы рассмотрели процентное соотношение (долю) поставленных диагнозов врачами-специалистами (дерматологами, стоматологами, эндокринологами, офтальмологами, ЛОР-врачами, кардиологами, гастроэнтерологами и неврологами) при проведении углубленного медицинского обследования спортсменов в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период 2014-2023 гг. (Рисунок 3).

Ежегодно, в течение анализируемого десятилетнего периода наблюдения, наиболее часто встречающимися диагнозами являются ЛОР-диагнозы, несмотря на общую тенденцию к снижению. Нет года, чтобы данный показатель у спортсменов при проведении УМО был ниже 30% и уступил лиди-

рующую позицию. Даже в 2023 году при росте кардиологической патологии от минимальной доли 9,39% в 2015 году до 26,73% в 2023 году, ЛОР-диагнозы сохранили преимущество и составили 31,64%. Доля эндокринологических диагнозов у спортсменов год к году практически не претерпевает изменений и составляет около 2%.

Процентное соотношение диагнозов, выставленных спортсменам гастроэнтерологами, дерматологами, неврологами и эндокринологами колеблется в незначительном диапазоне.

Положительным фактом можно считать устойчивую динамику снижения у спортсменов доли стоматологических диагнозов с практически 17-18% (2026–2020 гг.) до 12-13% (2021–2023 гг.).

Заключение

Приведенные в настоящей статье данные свидетельствуют о том, что при проведении УМО спортсменов в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период с 2014 по 2023 год, среди диагнозов, поставленных врачами-специалистами (дерматологами, стоматологами, эндокринологами, офтальмологами, ЛОР-врачами, кардиологами, гастроэнтерологами и неврологами) устойчиво преобладают заболевания ЛОР-органов. Выявлена высокая распространенность кардиологической, неврологической, стоматологической и офтальмологической заболеваемости у спортсменов.

Данное положение дел свидетельствует о безусловной высокой значимости проведения регулярных комплексных медицинских обследований спортсменов. Основной целью динамического наблюдения за состоянием здоровья спортсменов (особенно высокого класса) является раннее выявление функциональных нарушений и заболеваний, что позволяет своевременно проводить профилактические и лечебные мероприятия для сохранения их здоровья, снижения риска негативного влияния на физическую работоспособность и, как итог, повышения эффективности спортивной деятельности, выражающейся в спортивных результатах.

В данном анализе не представлены данные, полученные врачами урологами и гинекологами, поскольку все остальные аспекты были исследованы без учета половой принадлежности спортсменов. Наше решение было обусловлено тем, что целью исследования являлось выявление общих тенденций и закономерностей заболеваемости, которые не зависят от гендерной принадлежности, поэтому мы смогли получить более универсальные выводы, применимые к обоим полам.

Накопленный фактический материал и проведенный детальный анализ в последующем планируется использовать при разработке прогностических математических моделей, описывающих взаимосвязи наличия или отсутствия диагноза, выявленного у спортсмена по результатам УМО, и снижения его физической работоспособности по показателям нагрудного функционального тестирования.



Рис. 2. Особенности динамики встречаемости ЛОР-патологии (болезнь уха, горла или носа) при проведении углубленного медицинского обследования спортсменов в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период 2014-2023 гг., n – фактическое количество диагнозов, поставленное оториноларингологами в текущем году

Fig. 2. Features of the dynamics of the occurrence of otolaryngologist pathology (disease of the ear, throat or nose) during an in-depth medical examination of athletes at the SRC-FMBC in the period 2014-2023, n - the actual number of diagnoses made by otolaryngologists in the current year

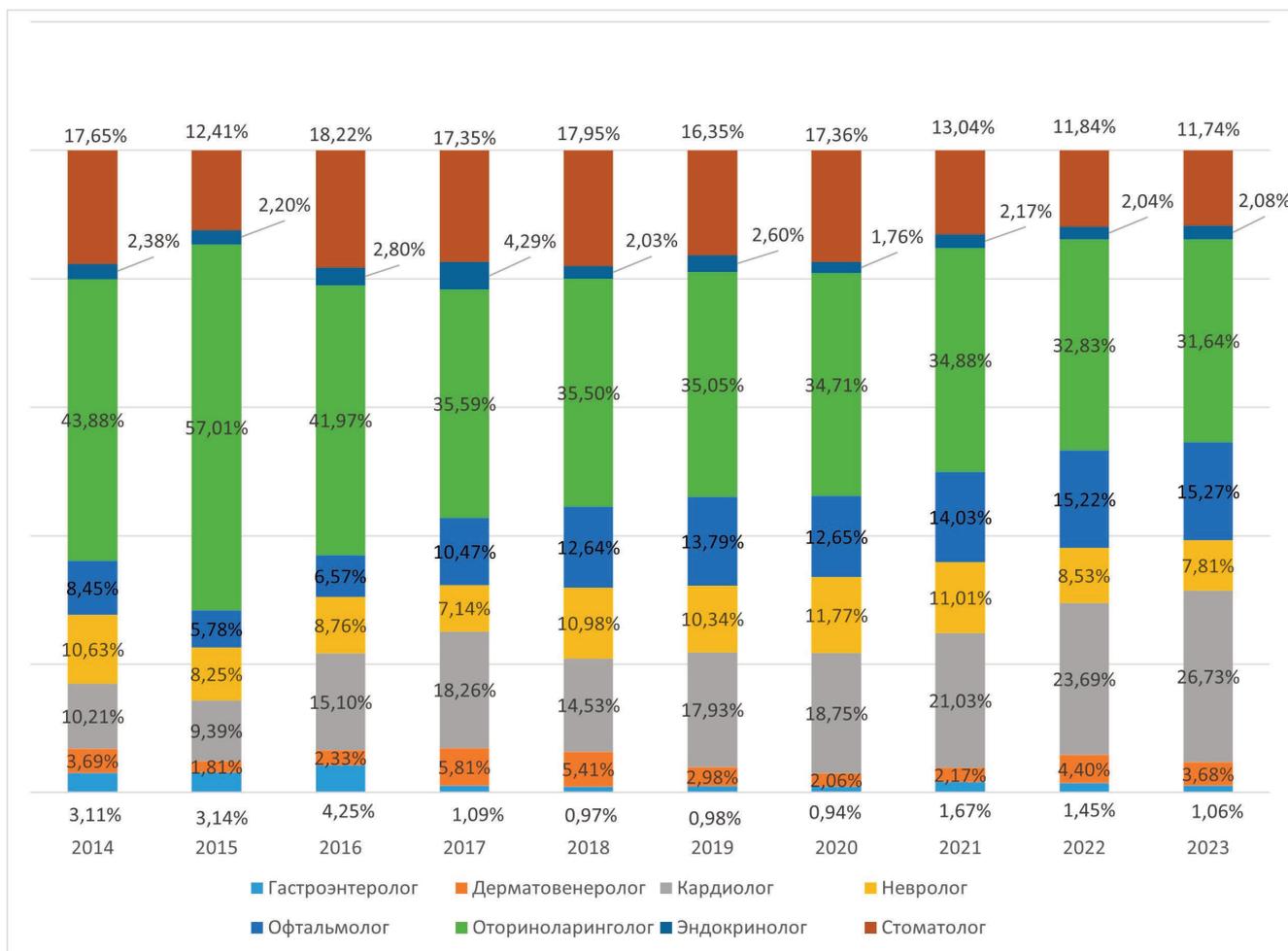


Рис. 3. Процентное соотношение (доля) поставленных диагнозов врачами-специалистами при проведении углубленного медицинского обследования спортсменов в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период 2014-2023 гг.

Fig. 3. Percentage ratio (share) of diagnoses made by medical specialists during an in-depth medical examination of athletes at the SRC-FMBC in the period 2014-2023

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Бадтиева В.А., Теняева Е.А., Сичинава Н.В., Турова Е.А., Трухачева Н.В., Афонина В.И., Бабяев И.Г., Верещагина Д.А., Востриков Ю.Д., Горячева О.И., Деревянко С.Н., Дьячкова А.А., Костина Н.А., Макунин Н.В., Петросян А.А., Савин Э.А., Суманеева Е.И., Токарев Ф.В., Усманов Д.М., Югай С.В., Рожкова Е.А., Артикулова И.Н., Папина Н.А. Анализ динамики и структуры заболеваемости спортсменов сборных команд Москвы по результатам углубленного медицинского обследования // Спортивная медицина: наука и практика. 2022. Т.12. №2. С. 22-31. doi: 10.47529/2223-2524.2022.2.1
- Вершинин Е.Г., Гуро О.А., Гончарова А.А. Сравнительный анализ структуры заболеваемости спортсменов и лиц, занимающихся спортом, в г. Волгограде за 2010-2016 гг. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2017. Т.64. №4. С. 58-62. doi: 10.19163/1994-9480-2017-4(64)-58-62
- Деев В.В., Павлов В.И., Орджоникидзе З.Г., Бадтиева В.А., Шарыкин А.С., Иванова Ю.М., Гвинианидзе М.В. Нарушения электрической активности миокарда у спортсменов с гипертонической реакцией на нагрузку // Российский кардиологический журнал. 2021. Т.26. №S6. С. 33.
- О прохождении порядка организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (в том числе при подготовке и проведении физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий), включая порядок медицинского осмотра лиц, желающих пройти спортивную подготовку, заниматься физической культурой и спортом в организациях и (или) выполнить нормативы испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО)» и форм медицинских заключений о допуске к участию в физкультурных и спортивных мероприятиях: приказ Минздрава России от 23 октября 2020 г. №1144н. Электронный ресурс: <https://docs.cntd.ru/document/566484141>
- Carek P.J., Hunter L. The Preparticipation Physical Examination for Athletics: a Critical Review of Current Recommendations // J Med Liban. 2001 Sep-Oct. V.49. No.5. P. 292-7. PMID: 12243425.
- Conley K.M., Bolin D.J., Carek P.J., Konin J.G., Neal T.L., Violette D. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Preparticipation Physical Examinations and Disqualifying Conditions // J Athl Train. 2014 Jan-Feb. V.49. No.1. P. 102-20. doi: 10.4085/1062-6050-48.6.05.
- Le V.V., Wheeler M.T., Mandic S., Dewey F., Fonda H., Perez M., Sungar G., Garza D., Ashley E.A., Matheson G., Froelicher V. Addition of the Electrocardiogram to the Preparticipation Examination of College Athletes // Clin J Sport Med. 2010 Mar. V.20. No.2. P. 98-105. doi: 10.1097/JSM.0b013e3181d44705. PMID: 20215891.
- Glikson M., Michowitz Y., Milman A., Golan R., Hadas D., Wolak A., Haim M., Kazum S., Fogelman R., Fuchs S., Constantini N.W., Scheinowitz M., Keren G., Keren A. Recommendations for Changing Cardiovascular Screening of Athletes who are Required for Pre-Participation Screening under the Sports Law - a Position Paper on Behalf of the Israel Heart Society // Harefuah. 2022 Jul. V.161. No.7. P. 454-457. Hebrew. PMID: 35833433.
- Yaman H., Ozbas H., Toraman F., Yaman A. The Use of a Standardized Pre-Participation Physical Examination form in Turkish Adolescent Athletes // Saudi Med J. 2005 Feb. V.26. No.2. P. 230-3. PMID: 15770296.

REFERENCES

1. Badtjeva V.A., Tenyayeva Ye.A., Sichinava N.V., Turova Ye.A., Trukhacheva N.V., Afonina V.I., Babeyan I.G., Vereshchagina D.A., Vostrikov Yu.D., Goryacheva O.I., Derevyanko S.N., D'yachkova A.A., Kostina N.A., Makunin N.V., Petrosyan A.A., Savin E.A., Sumaneyeva Ye.I., Tokarev F.V., Usmanov D.M., Yugay S.V., Rozhkova E.A., Artikulova I.N., Papina N.A. Analysis of the Dynamics and Structure of Morbidity of Athletes of National Teams of Moscow on the Results of In-Depth Medical Examination. *Sportivnaya Meditsina: Nauka i Praktika = Sports Medicine: Science and Practice*. 2022;12;2:22-31 (In Russ.). doi: 10.47529/2223-2524.2022.2.1
2. Vershinin Ye.G., Guro O.A., Goncharova A.A. Comparative Analysis of the Structure of Morbidity of Athletes and Persons Involved in Sports in Volgograd for 2010-2016. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta = Bulletin of the Volgograd State Medical University*. 2017;64;4:58-62 (In Russ.). doi: 10.19163/1994-9480-2017-4(64)-58-62.
3. Deyev V.V., Pavlov V.I., Ordzhonikidze Z.G., Badtjeva V.A., Sharykin A.S., Ivanova YU.M., Gvinianidze M.V. Disturbances in Myocardial Electrical Activity in Athletes with Hypertensive Response to Exercise. *Rossiyskiy Kardiologicheskiy Zhurnal = Russian Journal of Cardiology*. 2021;26;S6:33 (In Russ.).
4. On the Procedure for Organizing the Provision of Medical Care to Persons Involved in Physical Education and Sports (Including during the Preparation and Holding of Physical Education Events and Sports Events), Including the Procedure for Medical Examination of Persons Wishing to Undergo Sports Training, Engage in Physical Education and Sports in Organizations and (or) Fulfill the Standards of Tests of the All-Russian Physical Education and Sports Complex "Ready for Labor and Defense" (GTO) and Forms of Medical Reports on Admission to Participation in Physical Education and Sports Events. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated October 23, 2020 No. 1144n. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566484141> (In Russ.).
5. Carek P.J., Hunter L. The Preparticipation Physical Examination for Athletics: a Critical Review of Current Recommendations. *J Med Liban*. 2001 Sep-Oct;49;5:292-7. PMID: 12243425.
6. Conley K.M., Bolin D.J., Carek P.J., Konin J.G., Neal T.L., Violette D. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Preparticipation Physical Examinations and Disqualifying Conditions. *J Athl Train*. 2014 Jan-Feb;49;1:102-20. doi: 10.4085/1062-6050-48.6.05.
7. Le V.V., Wheeler M.T., Mandic S., Dewey F., Fonda H., Perez M., Sungar G., Garza D., Ashley E.A., Matheson G., Froelicher V. Addition of the Electrocardiogram to the Preparticipation Examination of College Athletes. *Clin J Sport Med*. 2010 Mar;20;2:98-105. doi: 10.1097/JSM.0b013e3181d44705. PMID: 20215891.
8. Glikson M., Michowitz Y., Milman A., Golan R., Hadas D., Wolak A., Haim M., Kazum S., Fogelman R., Fuchs S., Constantini N.W., Scheinowitz M., Keren G., Keren A. Recommendations for Changing Cardiovascular Screening of Athletes who are Required for Pre-Participation Screening under the Sports Law - a Position Paper on Behalf of the Israel Heart Society. *Harefuah*. 2022 Jul;161;7:454-457. Hebrew. PMID: 35833433.
9. Yaman H., Ozbas H., Toraman F., Yaman A. The Use of a Standardized Pre-Participation Physical Examination form in Turkish Adolescent Athletes. *Saudi Med J*. 2005 Feb;26;2:230-3. PMID: 15770296.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 11.01.2025. **Принята к публикации:** 15.02.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 11.01.2025. **Accepted for publication:** 15.02.2025

А.А. Деревоедов¹, Н.В. Рылова^{1,3}, А.В. Жолинский¹, В.С. Фещенко¹, И.Э. Высотский¹, И.Т. Выходец², А.А. Павлова¹

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ НАРУШЕНИЙ АНТИДОПИНГОВЫХ ПРАВИЛ ПРИ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ У СПОРТСМЕНОВ

¹ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА», Москва, Россия

²Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия

³ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Рылова Наталья Викторовна: rilovanv@mail.ru

Резюме

Организация антидопинговой работы специалиста по спортивной медицине требует анализа и совершенствования. При этом направления этой работы постоянно уточняются и расширяются. Последнее время особое внимание уделяется такой задаче врача, как оказание помощи спортсмену при подготовке запроса на терапевтическое использование. По результатам проведенного анализа, качество запросов на ТИ существенно выросло, а количество отказов в предоставлении ТИ сократилось.

Ужесточение наказания за нарушения и расширение объемов тестирования не привели к снижению количества нарушений антидопинговых правил спортсменами и персоналом спортсмена. В работе подчеркнута необходимость регулярного обучения вопросам противодействия допингу специалистами по спортивной медицине, взаимодействия участников процесса, контроля знаний. Проведенный анализ выявил широкий спектр заболеваний, при которых могут применяться запрещенные в спорте субстанции и методы.

За прошедшее время в ФМБА России сформировалась трехуровневая система противодействия допингу, включающая всех медицинских работников, оказывающих помощь спортсменам. Созданная система позволяет совершенствовать антидопинговую работу на каждом из уровней, при этом основная роль принадлежит специалистам по спортивной медицине, непосредственно участвующим в оказании помощи.

Разработанные предложения по повышению эффективности антидопинговых мероприятий являются актуальными и будут способствовать дальнейшему повышению качества антидопинговой работы и предупреждению нарушений антидопинговых правил как спортсменами, так и персоналом спортсмена.

Ключевые слова: *противодействие допингу в спорте, терапевтическое использование запрещенных в спорте субстанций и методов, спортсмены спортивных сборных команд Российской Федерации*

Для цитирования: Деревоедов А.А., Рылова Н.В., Жолинский А.В., Фещенко В.С., Высотский И.Э., Выходец И.Т., Павлова А.А. Предупреждение нарушений антидопинговых правил при наиболее распространенных заболеваниях у спортсменов // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 13–21. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-13-21

А.А. Derevoedov¹, N.V. Rylova^{1,3}, A.V. Zholinsky¹, V.S. Feshchenko¹, I.E. Vysotsky¹, I.T. Vykhodets², A.A. Pavlova¹

Prevention of Anti-Doping Rule Violations in the Most Common Diseases Among Athletes

¹Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency", Moscow, Russia

²Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

³International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Rylova Natal'ya Victorovna: rilovanv@mail.ru

Abstract

The organization of the anti-doping work of a sports medicine specialist requires constant analysis and improvement. At the same time, the directions of this work are constantly being clarified and expanded. Recently, special attention has been paid to the task of a doctor, such as assisting an athlete in preparing a request for therapeutic use. Judging by the analysis presented in the paper, the quality of TUE requests has increased significantly, and the number of refusals decreased.

Tougher penalties for violations and increased testing volumes have not led to a reduction in the number of anti-doping rule violations by athletes and athlete support staff. The paper highlights the need for regular training on anti-doping issues by sports medicine specialists, interaction of participants in the process, and knowledge control. The analysis revealed a wide range of diseases in which substances and methods prohibited in sports can be used.

Over the past time, the FMBA of Russia has developed a three-tier anti-doping system, including all medical professionals who provide assistance to athletes. The created system makes it possible to improve anti-doping work at each of the levels, while the main role belongs to sports medicine specialists directly involved in providing assistance.

The developed proposals for improving the effectiveness of anti-doping measures are relevant and will contribute to further improving the quality of anti-doping work and preventing violations of anti-doping rules by both athletes and athlete support staff.

Keywords: *body anti-doping in sports, therapeutic use of substances and methods prohibited in sports, athletes of sports national teams of the Russian Federation*

For citation: Derevoedov AA, Rylova NV, Zholskiy AV, Feshchenko VS, Vysotsky IE, Vykhodets IT, Pavlova AA. Prevention of Anti-Doping Rule Violations in the Most Common Diseases Among Athletes. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.2:13-21. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-13-21

Субстанции и методы, которые могут влиять на эффективность спортивной подготовки и выступления или отвечать другим критериям включения в Запрещенный список, используются при оказании помощи спортсменам достаточно широко. Международный стандарт «Запрещенный список» (Запрещенный список) является основным документом, определяющим перечень отдельных субстанций и методов, запрещенных в спорте. Порядок их применения, оформления документов, рассмотрения запросов на терапевтическое использование (ТИ) и ряд других вопросов регламентируются Международным стандартом по терапевтическому использованию (МСТИ). При этом Запрещенный список носит открытый характер, т.е. большинство его классов включают не только перечисленные в списке препараты, но и те, структура и механизм действия которых аналогичны препаратам из списка. Определить точное число запрещенных субстанций можно только приблизительно, исходя, например, из количества исследуемых субстанций в антидопинговых лабораториях, которое превышает 500.

Запрещенный список составлен как антидопинговый документ и не имеет логики, которая обычно присутствует в различных классификациях медицинских препаратов. Классы списка сформированы с учетом точек приложения субстанций и их влияния на спортивный результат. В Запрещенном списке выделены так называемые «особые» и «не особые» субстанции. К первым относятся те, что имеют широкое применение за пределами спорта для лечения и профилактики различных заболеваний. Не особые субстанции в качестве основной (иногда единственной) цели применения имеют повышение спортивного результата и получение незаконного преимущества.

Таким образом, классы S1. «Анаболические агенты», S2. «Пептидные гормоны, факторы роста, подобные субстанции и миметики», M1. «Манипуляция с кровью и ее компонентами», M3. «Генный и клеточный допинг», а также раздел А класса S6. «Стимуляторы» не относятся к особым субстанциям и применяются для лечения заболеваний у спортсменов значительно реже, чем субстанции из остальных классов Запрещенного списка [1]. Получить разрешение на применение субстанций из этих классов сложнее, а санкции за их применение без разрешения на ТИ могут быть в большинстве случаев максимальными. К тому же, заболевания и состояния при которых могут требоваться не особые субстанции, встречаются у спортсменов редко и в ряде случаев могут служить противопоказанием для занятий спортом.

Препараты, включающие субстанции из Запрещенного списка, могут применяться для лечения большого количества заболеваний. Специалисты по заданию Всемирного антидопингового агентства

(ВАДА) выделили ряд заболеваний, при которых, на их взгляд, запрещенные субстанции и методы могут использоваться сравнительно часто. Был сформирован список из 19 заболеваний и состояний (это количество периодически меняется), для каждого из которых были разработаны методические инструкции, получившие название «Руководства для врачей по ТИ» («Материалы в поддержку решений комитетов по ТИ»). Каждое из руководств содержит ряд рекомендаций, выполнение которых при обследовании, лечении и наблюдении за спортсменом в ходе лечения должны помочь комитету по ТИ антидопинговой организации принять мотивированное решение о необходимости ТИ.

Рекомендации, описанные в «Руководствах для врачей по ТИ» [2], опираются на применение определенных субстанций и методов при конкретных заболеваниях. Так, например, использование бета-2 стимуляторов привязано к руководству «Астма», хотя эти субстанции широко применяются при других заболеваниях, сопровождающихся бронхиальной обструкцией. Ряд этих заболеваний может препятствовать спортивной деятельности (например, хроническая обструктивная болезнь легких), но нельзя исключить их начальные стадии у спортсменов. Существуют также состояния, при которых выявляется гиперреактивность бронхиального дерева, но диагноз астмы не выставляется. При подходе, приведенном в Запрещенном списке, от внимания врача может ускользнуть ряд заболеваний и состояний, когда может использоваться запрещенное в спорте лечение.

Наиболее наглядно это отражает описание показаний для глюкокортикоидов (ГК), к которым в руководствах отнесен только болевой синдром, воспалительные заболевания кишечника, анафилаксия, астма и ряд других [2]. Являясь универсальным противовоспалительным средством, ГК могут применяться при широком перечне заболеваний, для которых руководства отсутствуют.

Применение субстанций и методов, включенных в Запрещенный список, не исчерпывается включенными в «Руководства для врачей по ТИ». Анализ использования запрещенных препаратов на основании выданных разрешений на ТИ проводится, как правило, после крупных спортивных соревнований, например, олимпийских игр [3,4].

В четырех Олимпийских играх с 2016 по 2022 годы приняли участие 28583 спортсмена. Суммарная распространенность спортсменов с ТИ составила 0,90% среди всех участников. На четырех Паралимпийских играх за этот период приняли участие в общей сложности 9852 спортсмена, а общая распространенность ТИ составила 2,76%. Наиболее часто на летних Олимпийских играх ТИ предоставлялись

на глюкокортикоиды (0,50%) и стимуляторы (0,39%), на летних Паралимпийских играх – на диуретики (0,79%) и стимуляторы (0,75%).

На Зимних играх наиболее часто назначались те же субстанции, хотя количество выданных разрешений на ТИ было гораздо более низким. По результатам проведенных исследований авторы пришли к выводу, что ТИ не получили широкого распространения в спорте высших достижений [4].

Учитывая возможность применения запрещенных в спорте субстанций и методов при большом количестве заболеваний и состояний, для выявления наиболее распространенных патологий среди спортсменов были проанализированы результаты углубленных медицинских обследований (УМО), проведенных в медицинских организациях ФМБА России, в первом полугодии 2024 года. Анализ проводился с использованием Медицинской информационно-аналитической системы по «Функционированию и ведению электронного регистра состояния здоровья спортсменов сборных команд Российской Федерации» (ФГИС МИАС).

Всего было отобрано пять классов заболеваний из Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, десятого пересмотра (далее – МКБ-10), которые по данным литературы и анализа, проведенного ранее, могут служить основанием для назначения субстанций и методов из Запрещенного списка:

- болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (код МКБ – E00-E90);
- болезни системы кровообращения (код МКБ – I00-I99);
- болезни органов дыхания (код МКБ – J00-J99);
- болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (код МКБ – M00-M99);
- травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (код МКБ – S00-T98).

При дальнейшем рассмотрении структуры отобранных классов МКБ-10 были определены заболевания внутри этих классов, которые могли требовать применения запрещенной в спорте терапии.

Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ:

- аутоиммунный тиреоидит (E06.03);
- задержка полового созревания (E30.0);
- сахарный диабет, также входящий в группу эндокринных заболеваний, во ФГИС МИАС за рассматриваемый период представлен не был.

Болезни системы кровообращения:

- эссенциальная (первичная) гипертензия (I10);
- гипертензивная [гипертоническая] болезнь с преимущественным поражением сердца без (застойной) сердечной недостаточности (I11.9);
- вторичная гипертензия (I15);
- геморрой (I84);
- геморрой без осложнения неуточненный (I84.9);
- болезни органов дыхания (код МКБ – J00-J99);
- острый назофарингит (насморк) (J00);
- аллергический ринит, вызванный пылью растений (J30.1);

- другие сезонные аллергические риниты (J30.2);
- другие аллергические риниты (J30.3);
- аллергический ринит неуточненный (J30.4);
- астма (J45);
- астма с преобладанием аллергического компонента (J45.0);
- неаллергическая астма (J45.9);

В анализ включен также ряд болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (код МКБ-10 – M00-M99) и травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (код МКБ-10 – S00-T98), при которых более выражены воспалительные явления. В таблице приведен перечень отобранных диагнозов с указанием количества случаев, отраженных во ФГИС МИАС, и классов запрещенных субстанций и методов, которые могли применяться для их лечения при отсутствии эффекта от разрешенной терапии.

Проводимый регулярно анализ результатов УМО выявляет аналогичную структуру заболеваемости. Таким образом, учитывая широкий спектр действия

Таблица

Количество случаев заболеваний, при которых возможно
The number of cases of diseases in which it is possible

№ п/п	Болезни и проблемы, связанные со здоровьем	Кол-во случаев	Классы запрещенных субстанций
1	Аутоиммунный тиреоидит	13	P1, S9
2	Задержка полового созревания	2	S1, S2
3	Синдром андрогенной резистентности	1	S1, S2
4	Эссенциальная [первичная] гипертензия	11	P1, S5
5	Гипертензивная [гипертоническая] болезнь с преимущественным поражением сердца без (застойной) сердечной недостаточности	2	P1, S5
6	Острый назофарингит (насморк)	52	S6, S9
7	Аллергический ринит, вызванный пылью растений	19	S6, S9
8	Другие сезонные аллергические риниты	10	S6, S9
9	Другие аллергические риниты	6	S6, S9
10	Аллергический ринит неуточненный	3	S6, S9
11	Астма с преобладанием аллергического компонента	13	S3, S9
12	Заболевания костно-мышечной системы, протекающие с выраженным болевым синдромом или признаками воспаления	11	S7, S9
Всего		143	

ряда субстанций и распространенность отдельных заболеваний у спортсменов спортивных сборных команд, можно заключить, что существует большой перечень возможных показаний для применения субстанций из Запрещенного списка. Незначительное количество запросов на ТИ, не превышающее 20 в год, может говорить о высоком уровне компенсации, своевременной терапии с использованием разрешенных препаратов и, как следствие, отсутствии необходимости в применении запрещенных субстанций.

Существующая структура заболеваемости спортсменов, проходящих УМО, дает возможность разработать методические документы для специалистов по спортивной медицине по применению субстанций из определенных классов Запрещенного списка и лечению спортсменов с наиболее распространенной патологией. Это может служить одним из направлений повышения эффективности противодействия допингу при проведении медико-биологического обеспечения (МБО) спортсменов.

Полученная информация может быть использована при планировании и проведении образовательных программ и планировании отдельных видов помощи в соревновательный и внесоревновательный периоды, когда могут быть использованы субстанции и методы из Запрещенного списка.

Основные направления антидопинговой работы врача

Направления борьбы с допингом регламентируются законами и подзаконными актами Российской Федерации и документами антидопинговых организаций.

Основным национальным документом, регламентирующим борьбу с допингом, является Федеральный закон от 04.12.2007 N 329-ФЗ «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» [5] в редакции от 12.06.2024. В этой редакции закона впервые появилось понятие «специалист по спортивной медицине», объединившее медицинских работников различных специальностей, участвующих в оказании помощи спортсменам.

Определение медико-биологическому обеспечению дано в Федеральном законе от 21.11.2011 N 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [6] (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.04.2024). Медико-биологическое обеспечение спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации и спортивных сборных команд субъектов Российской Федерации – комплекс мероприятий, направленный на восстановление работоспособности и здоровья спортсменов, включающий медицинские вмешательства, мероприятия психологического характера, систематический контроль состояния здоровья спортсменов, обеспечение спортсменов лекарственными препаратами, медицинскими изделиями и специализированными пищевыми продуктами, проведение научных исследований в области спортивной медицины и осуществляемый в соответствии с установленными законодательством о физической культуре и спорте требованиями о предотвращении до-

пинга в спорте и борьбе с ним, Всемирным антидопинговым кодексом, антидопинговыми правилами, утвержденными международными антидопинговыми организациями, и разработанными с учетом указанных кодекса и правил общероссийскими антидопинговыми правилами (ОАП), утверждаемыми общероссийской антидопинговой организацией в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере физической культуры и спорта, а также по оказанию государственных услуг (включая предотвращение допинга в спорте и борьбу с ним) и управлению государственным имуществом в сфере физической культуры и спорта федеральный орган исполнительной власти в области физической культуры и спорта), по согласованию с ним. Редакцией Федерального закона от 28.04.2023 N 174-ФЗ полномочия по утверждению ОАП переданы Ассоциации «Российское антидопинговое агентство «РУСАДА» (далее – РАА «РУСАДА») [7].

Организация МБО осуществляется в соответствии с приказом ФМБА России от 08.09.2023 N 178 «Об утверждении порядка организации медико-биологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации». В п.2 приказа говорится, что «медико-биологическое обеспечение спортсменов осуществляется в соответствии с требованиями общероссийских антидопинговых правил, утвержденных общероссийской антидопинговой организацией, в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти в области физической культуры и спорта, и антидопинговых правил, утвержденных международными антидопинговыми организациями» [8]. Рекомендации по противодействию допингу носят в нормативных документах достаточно общий характер и частично детализируются в разделах, описывающих организацию отдельных направлений этой работы. В частности, в основном документе – приказе №178 – отражены следующие направления антидопинговой работы медицинских работников и психологов:

при наличии у спортсмена медицинских показаний оказывают помощь в оформлении медицинской документации для запроса на терапевтическое использование запрещенной субстанции и (или) метода в соответствии с Международным стандартом по терапевтическому использованию, утвержденным Всемирным антидопинговым агентством, Общероссийскими антидопинговыми правилами, документами международных антидопинговых организаций;

принимают участие в программах обучения по противодействию применению допинга в спорте не реже 1 раза в год.

В качестве одного из направлений научных исследований в области спортивной медицины, проводимых ФМБА России на постоянной основе в целях повышения эффективности медико-биологического обеспечения спортсменов, выделены

противодействие допингу в спорте и антидопинговая работа.

Отдельные направления антидопинговой работы детализирует приказ ФМБА России от 5 апреля 2016 года № 49 «О противодействии применению допинга в спорте и борьбе с ним» [9]. Во исполнение этого приказа, начиная с 2016 года, раздел по противодействию применению допинга в спорте и борьбе с ним включен в учебные планы и программы повышения квалификации, профессиональной переподготовки, ординатуры по всем дисциплинам преподаваемым в Институте повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства.

В медицинских организациях ФМБА России, участвующих в медико-биологическом обеспечении спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации определены лица, ответственные за антидопинговую работу, которые прошли обучение на цикле тематического усовершенствования по теме «Спортивная медицина и противодействие допингу в спорте». На этих сотрудников возложены обязанности по координации работы по противодействию применению допинга в спорте и борьбе с ним; по доведению до медицинского персонала организации актуальной информации в области борьбы с допингом в спорте; по контролю знаний в области противодействия применению допинга в спорте у медицинских работников, участвующих в МБО спортсменов, по контролю за назначаемым спортсменам спортивных сборных команд Российской Федерации лечением в части запрещенных в спорте субстанций и методов; по оформлению спортсменам, получающим медицинскую помощь в организации, запросов на терапевтическое использование запрещенных в спорте субстанции и методов в соответствии с Международными стандартами Всемирного антидопингового агентства и Общероссийскими антидопинговыми правилами [10].

На врачей спортивных сборных команд были возложены функции по доведению до спортсменов актуальной информации в области борьбы с допингом в спорте, включая перечень запрещенных в спорте субстанций и методов; по контролю за назначаемым спортсменам спортивных сборных команд Российской Федерации лечением в части запрещенных в спорте субстанций и методов; по оформлению спортсменам запросов на терапевтическое использование запрещенных в спорте субстанции и методов в терапевтических целях.

Определение «специалист по спортивной медицине» не относится к какой-то конкретной врачебной специальности. Это обобщающее понятие, которое включает всех медицинских работников как с высшим, так и со средним специальным медицинским образованием, к трудовой функции которых относится оказание медицинской помощи спортсменам. Такое выделение связано с необходимостью определить меру ответственности медицинских работников за нарушения ими антидопинговых правил.

В профессиональных стандартах врачебных и сестринских/фельдшерских медицинских специ-

альностей трудовые функции, связанные с противодействием допингу, не отражены и, возможно, будут включены в них в случае пересмотра. Это усложняет формализацию требований к специалистам и определение степени их ответственности при нарушениях. Основной профессиональной группой, непосредственно занимающейся оказанием медицинской помощи спортсменам, являются врачи по спортивной медицине и старшие врачи по спортивной медицине. Профессиональный стандарт «Врач по спортивной медицине» – единственный профстандарт, в котором подробно отражены практически все направления антидопинговой работы с учетом как положений нормативных документов, так и документов антидопинговых организаций. Профстандарт описывает требования к квалификации специалиста для осуществления профессиональной деятельности в качестве врача/старшего врача по спортивной медицине. Требования к организации антидопинговой работы, изложенные в этом профстандарте, могут быть перенесены на всех специалистов по спортивной медицине.

Если рассматривать разделы профстандарта, описывающие требования к организации антидопинговой работы специалистами по спортивной медицине, можно выделить несколько направлений этой работы [11].

Профилактика нарушений

Осуществление мер по предотвращению допинга в спорте и борьбе с ним, противодействие применению субстанций и (или) методов, включенных в перечни субстанций и (или) методов, запрещенных для использования в спорте, в соответствии антидопинговыми правилами;

Информирование спортсмена, тренера, сотрудников физкультурно-спортивных организаций, организаторов спортивных соревнований о применении запрещенной субстанции и (или) запрещенного метода в отношении спортсмена;

Маркировка предупреждающими наклейками «Запрещено ВАДА» лекарственных препаратов и медицинских изделий, входящих в перечни субстанций и (или) методов, запрещенных для использования в спорте в соответствии с антидопинговыми правилами;

Координация, анализ и контроль деятельности медицинского персонала спортивных сборных команд в области противодействия допингу в спорте.

Оказание помощи спортсмену

Заполнение медицинской части запроса на ТИ запрещенной субстанции и (или) запрещенного метода в соответствии с МСТИ запрещенных субстанций Всемирного антидопингового агентства (далее – ВАДА);

Сопровождение спортсмена во время проведения процедуры допинг-контроля

Парентеральное введение лекарственных препаратов с учетом требований антидопинговых правил;

Применение ингаляторов, спейсеров и небулайзеров с учетом антидопинговых правил.

Знание и умение использовать антидопинговые документы

Знание общероссийских антидопинговых правил, перечней субстанций и (или) методов, запрещенных для использования в спорте;

Знание содержания мер ответственности за нарушение антидопинговых правил;

Знание последствий допинга в спорте для здоровья спортсменов;

Знание основ оказания медицинской помощи участникам и зрителям мероприятий, включая лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с учетом их возраста, пола, вида спорта, спортивной дисциплины, в соответствии с Порядком, а также в соответствии с антидопинговыми правилами (при проведении спортивных мероприятий).

Координация работы

Координация и планирование работы специалистов со средним профессиональным медицинским образованием в спортивных сборных командах при проведении тренировочных мероприятий.

Таким образом, в профстандарте отражены все основные направления антидопинговой работы специалиста по спортивной медицине и требования к его квалификации.

Основные направления повышения эффективности антидопинговых мероприятий

Противодействие допингу в спорте как составная часть оказания медицинской помощи спортсмену не сводится исключительно к содействию в подготовке запроса на ТИ. Без формирования нулевой терпимости к допингу в медицинской организации и дефиците базовых знаний по основным вопросам противодействия допингу у специалистов по спортивной медицине процесс оформления запроса на ТИ может вызвать серьезные затруднения. Неисполнение положений основных документов, регламентирующих борьбу с допингом, может привести к неумышленному нарушению антидопинговых правил.

Мероприятия, направленные на повышение эффективности борьбы с допингом, комплексные и многоуровневые. Система противодействия допингу в ФМБА России является трехуровневой. Первый уровень – это специалисты по спортивной медицине, т.е. медицинские работники, оказывающие медицинскую помощь спортсменам. Это основной исполнительский уровень, на который ложится наибольшая нагрузка антидопинговой работы. Хотя ответственность всех специалистов по спортивной медицине одинакова, необходимо выделить в этой группе врачей по спортивной медицине, имеющих более высокий уровень подготовки и опыт работы, связанный с противодействием допингу.

Второй уровень – лица ответственные за противодействие допингу в медицинских организациях ФМБА России. Их основная задача – помогать специалистам по спортивной медицине в решении вопросов, связанных с борьбой с допингом и, прежде всего, – в предоставлении актуальной информации по вопросам антидопинга и подготовке медицинских документов для запроса на ТИ.

Третий уровень – специалист по антидопинговым мерам ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России. Как правило, на этом уровне аккумулируются вопросы, не решенные ранее. Здесь проводится анализ антидопинговой работы, подготавливаются и проводятся семинары по актуальным вопросам противодействия допингу медицинскими работниками, издаются методические материалы.

Специалисты всех уровней взаимодействуют не только между собой, но, при необходимости, с внешними структурами, прежде всего, это РАА «РУСАДА» (возможно – другие антидопинговые организации, далее – АДО), сборные команды, включая непосредственно спортсменов и ответственных за борьбу с допингом, которые определены в общероссийских федерациях.

Повышение эффективности антидопинговой работы в медицинских организациях должно опираться на знания и умения специалиста по спортивной медицине на основе положений нормативных документов.

Основные направления этой работы:

Образовательные мероприятия

Проведение образовательных антидопинговых мероприятий имеет свои особенности и состоит из нескольких разделов. Участие в образовательных мероприятиях служит базой для организации дальнейшей работы на всех уровнях, но в первую очередь – организации работы специалистов по спортивной медицине.

Основным образовательным ресурсом являются циклы тематического усовершенствования по теме «Спортивная медицина и противодействие допингу в спорте». В связи с необходимостью повысить эффективность антидопинговой работы специалистов по спортивной медицине были разработаны образовательные программы повышения квалификации (16 академических часов) для специалистов по спортивной медицине с высшим и средним специальным медицинским образованием «Роль, функции и ответственность специалиста по спортивной медицине в противодействии допингу в спорте». Учитывая ежегодные изменения нормативной базы в сфере антидопинга, все образовательные программы и материалы должны обновляться в реальном времени. Для эффективной организации противодействия допингу в спорте необходимо обеспечить регулярное обучение на циклах усовершенствования лиц, ответственных за борьбу с допингом в медицинских организациях ФМБА России.

Если образовательные программы закладывают базис и дают ключевые знания по вопросам антидопинга, то все изменения нормативных и правовых документов и документов антидопинговых организаций должны обсуждаться в ходе регулярных семинаров, а также в информационных материалах, предоставляемых специалистам по спортивной медицине.

Изучение текущих материалов антидопинговых организаций, публикаций в периодической печати.

На сайтах антидопинговых организаций периодически публикуются дополнительная информация и рекомендации, а также изменения в таких документах как «Руководства для врачей по ТИ». Требуется их

регулярное отслеживание и своевременное предоставление информации специалистам по спортивной медицине. В медицинской периодической печати постоянно приводятся данные исследований и обзоров, отражающие влияние запрещенных субстанций на организм спортсмена, которые важны не только для медицинских работников, но могут также использоваться в профилактической работе со спортсменами.

Исполнение приказов ФМБА России

Врачи при подготовке документов и работе со спортсменами зачастую пренебрегают порядком, предписанным документами ФМБА России, основанными на законодательстве и документах антидопинговых организаций. Это чаще всего вызывает ошибки в оформлении документации и ведет к отказам в предоставлении ТИ. В свою очередь, сами приказы должны отражать актуальную информацию и регулярно обновляться.

Подготовка и формирование медицинского обоснования запроса на ТИ спортсмена

Один из наиболее важных разделов антидопинговой работы. Он включает ряд направлений, которые могут быть реализованы в любом порядке. Оказывать содействие спортсмену в подготовке запроса на ТИ должен специалист, к которому обратился спортсмен. Таким специалистом может быть не только врач по спортивной медицине, но и любой врач, относящийся к категории специалистов по спортивной медицине.

Необходимо определить антидопинговый статус назначаемой субстанции. Для этого можно использовать справочные программы, размещенные на сайтах некоторых антидопинговых организаций. Для препаратов, зарегистрированных в РФ, необходимо обращаться на сайт РАА «РУСАДА», где в разделе «Проверить лекарство» есть возможность получить полную и достоверную информацию о составе и статусе входящих в лекарство субстанций. В тех случаях, когда у врача остаются вопросы, он может обратиться к специалистам, ответственным за противодействие допингу в медицинских организациях ФМБА России, специалисту по антидопинговым мерам Центра или непосредственно в РАА «РУСАДА».

В качестве шаблона для подготовки медицинских документов при заболеваниях и состояниях, включенных в «Руководства для врачей по ТИ», размещенных на сайтах антидопинговых организаций, могут служить сами руководства и «Контрольные формы запроса на ТИ». При отсутствии в руководствах заболевания, выявленного у спортсмена, используются общие требования, также изложенные в руководствах. В последнем случае необходимо согласовывать документы с ответственными в медицинских организациях.

Необходимо направить подготовленные медицинские документы перед передачей их спортсмену для проверки специалисту по антидопинговым мерам Центра, как это предусмотрено приказом 262 ФМБА России [12]. Как показывает анализ рассмотрения документов, это позволяет избежать необоснованных запросов и приводить медицинские документы в соответствие требованиям «Руководств для врачей по ТИ».

Взаимодействие с лицами, ответственными за противодействие допингу в медицинских организациях ФМБА России, и специалистом по антидопинговым мерам Центра

Специалисты по спортивной медицине, особенно те из них, кто не имеет достаточного опыта антидопинговой работы, должны взаимодействовать с ответственными лицами при решении любых вопросов, связанных с противодействием допингу, особенно это касается оформления медицинских документов для запроса на ТИ. По данным годовых отчетов РАА «РУСАДА» за 2023-2024 годы большая часть запросов (более 60%) поступает от специалистов врачебно-физкультурных диспансеров. Высокий уровень медицинского обслуживания спортсменов спортивных сборных команд страны в медицинских организациях ФМБА России позволяет своевременно выявлять противопоказания для занятий спортом с высокими нагрузками и проводить лечебно-профилактические мероприятия. Это минимизирует количество запросов на ТИ, подаваемых спортсменами сборных команд. Другой стороной этой работы является отсутствие опыта оформления документов для запроса у большинства специалистов по спортивной медицине, принимающих участие в МБО. Взаимодействие с лицами ответственными за борьбу с допингом дает возможность получить такой опыт и избежать ошибок при подготовке документов.

Взаимодействие со спортсменом с целью формирования у него негативного отношения к допингу

Эта часть работы является не менее важной и отражена в Кодексе ВАДА и общероссийских антидопинговых правилах в качестве одного из требований к персоналу спортсмена. В большинстве случаев вопросы спортсменов связаны с возможностью применения фармпрепаратов и биологически активных добавок. Специалист по спортивной медицине может предотвратить нарушение антидопинговых правил спортсменом, если своевременно вмешается в ситуацию.

Разборы ошибок, тренировки и тестирование

Наряду с участием в образовательных мероприятиях по проблемам борьбы с допингом, важным информационно-образовательным ресурсом является регулярный разбор ошибок врачей при оформлении медицинских документов для запроса на ТИ и проведении лечебно-диагностических процедур. Различные ошибки при обследовании спортсмена и выполнении необходимой документации выявляются практически постоянно. Их исправление и учет замечаний в дальнейшей работе может помочь предотвратить неумышленное нарушение антидопинговых правил специалистами по спортивной медицине.

Антидопинговое тестирование специалистов по спортивной медицине постоянно выявляют недостаточный уровень знаний и умений в этой сфере. Анализ ошибок и результаты тестов дают необходимую информацию для совершенствования образовательных программ и разработки различных материалов.

Сохранение документов и результатов запроса спортсмена в амбулаторной карте, истории болезни, ФГИС МИАС

Сохранение медицинских документов, которые были подготовлены для обоснования запроса на ТИ, создает базу для анализа и возможной коррекции информационно-образовательных программ на основании этого анализа. Это особенно важно в случае отказа в предоставлении ТИ со стороны АДО.

Поскольку спортсмен имеет право подавать запросы на ТИ не только в РАА «РУСАДА», но в другие АДО, включая международные спортивные федерации и организаторов крупных спортивных соревнований, учет всех запросов и результатов их рассмотрения даст более объективную картину антидопинговой работы.

Для более оперативного и эффективного анализа целесообразно сохранять всю информацию в цифровом виде в базе данных ФГИС МИАС.

Таким образом, антидопинговая работа врача имеет несколько важных взаимосвязанных между собой разделов. Повышение эффективности этой работы и отдельных ее направлений основывается, прежде всего, на регулярном обновлении и пополнении знаний и умений специалистов по спортивной медицине в этой сфере и выполнении требований российских нормативных документов и отдельных документов антидопинговых организаций.

Заключение

Организация антидопинговой работы врача при проведении мероприятий МБО спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации требует постоянного анализа и совершенствования. Это обусловлено регулярным изменением антидопинговых документов, постоянным обновлением кадрового состава медицинских работников и расширением сферы ответственности за нарушения антидопинговых правил, в связи с введением в российское законодательство понятия «специалист по спортивной медицине».

Если ранее основным направлением противодействия допингу медицинскими работниками было оказание помощи спортсмену при подготовке запроса на ТИ, что нашло свое отражение в нормативных документах, то сейчас на первый план выходит комплекс мероприятий, включающий обучение, взаимодействие участников процесса противодействия допингу, контроль знаний и другие в качестве составных частей единого направления. Эффективная работа должна быть основана на применении современных подходов с учетом актуальных изменений как антидопинговых документов, так и организационных мероприятий.

На организацию антидопинговой работы влияет также распространенность заболеваний, при которых могут применяться запрещенные субстанции и методы, у спортсменов. Несмотря на то, что количество запросов на ТИ, для которых оформляют документы специалисты медицинских организаций ФМБА России, как правило, невелико, основания для назначения такого лечения рассматриваются и обсуждаются регулярно. У специалиста по спортивной медицине должно быть сформировано понимание порядка принятия решения о запросе на ТИ, включая необходимость в большинстве случаев применения разрешенной терапии.

Организация основных разделов работы врача по противодействию допингу в спорте и пути ее совершенствования включает ряд положений и направлений, которые должны реализовываться в комплексе и учитывать к тому же возможность внесения изменений вслед за изменениями антидопинговых документов.

В нормативных документах, регламентирующих антидопинговую работу врача, приводятся общие формулировки за исключением требования оказания помощи спортсмену при оформлении медицинской документации для запроса на ТИ. Вместе с тем, анализ этой работы выявляет различные ее направления, среди которых подготовка медицинских документов – далеко не единственное. Антидопинговая работа специалиста по спортивной медицине имеет несколько уровней, тесно связанных между собой, но ориентированных по большей части на разные аудитории. Специалисты по спортивной медицине, непосредственно участвующие в оказании медицинской помощи спортсменам, закрывают наиболее важный участок борьбы с допингом. Лица, ответственные за антидопинговую работу в медицинских организациях ФМБА России, направляют эту работу и оказывают помощь врачам при определении показаний, оформлении документов для запроса на ТИ и другим вопросам. Все вопросы, не решенные на предыдущих уровнях, аккумулируются у специалиста по антидопинговым мерам Центра и находят свое решение. Основные направления антидопинговой работы специалиста по спортивной медицине и требования к его квалификации отражены в профстандарте «Специалист по спортивной медицине».

Только совместная работа всех лиц, вовлеченных в антидопинговую работу дает возможность эффективно противодействовать допингу. В основе этой работы лежат образовательные мероприятия, которые разбиваются на ряд направлений. Одним из основных требований к их проведению является постоянное обновление контента и предоставление актуальной информации специалистам по спортивной медицине.

Существенно упорядочил антидопинговую работу врача профессиональный стандарт «Врач по спортивной медицине» вступивший в силу в 2024 году. Несмотря на то, что стандарт разработан для одной врачебной специальности, его требования в части борьбы с допингом могут быть адресованы ко всем медицинским работникам с высшим медицинским образованием, входящим в категорию «специалист по спортивной медицине». В профстандарте подробно и последовательно изложены требования к организации антидопинговой работы с учетом положений российских нормативных документов и документов антидопинговых организаций.

В связи с предстоящим в 2025 году принятием новой версии Кодекса ВАДА и международных стандартов ВАДА потребуется большая работа по включению их положений в документы, регламентирующие деятельность специалистов по спортивной медицине, в том числе в образовательные программы для специалистов по спортивной медицине с высшим и средним специальным медицинским образованием

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Международный стандарт «Запрещенный список». Электронный ресурс: <https://rusada.ru/upload/iblock/7a8/55eg1m5g398vffwpbcl192drij8atcuh/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D1%81%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA%202024.pdf>.
- Руководства для врачей по ТИ. Электронный ресурс: <https://rusada.ru/substances/tue/rukovodstva-po-ti/>.
- Vernec A., Healy D. Prevalence of Therapeutic Use Exemptions at the Olympic Games and Association with Medals: an Analysis of Data from 2010 to 2018 // *Br J Sports Med.* 2020. No.54. P. 920–924. doi:10.1136/bjsports-2020-102028.
- Vernec A., Healy D., Banon T., Petroczi A. Prevalence of Therapeutic use Exemptions at the Olympic Games and Paralympic Games: an Analysis of Data from 2016 to 2022 // *Br J Sports Med.* 2024 Jul 9. No.2024. Pp. 108266. doi: 10.1136/bjsports-2024-108266.
- О физической культуре и спорте в Российской Федерации: Федеральный закон от 04.12.2007 №329-ФЗ (ред. от 12.06.2024). Электронный ресурс: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/26631>.
- Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: Федеральный закон от 21.11.2011 №323-ФЗ. Электронный ресурс: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/34333>.
- О внесении изменений в статьи 26 и 26.1 Федерального закона «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» и статью 42.1 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»: Федеральный закон от 28.04.2023 №174-ФЗ. Электронный ресурс: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202304280019?ysclid=lyoa67s9t0835513604>.
- Об утверждении порядка организации медико-биологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации: приказ ФМБА России от 08.09.2023 №178. Электронный ресурс: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310030004?ysclid=lyoa3qcwrf365967728>.
- О противодействии применению допинга в спорте и борьбе с ним: приказ ФМБА России от 05.04.2016 №49. Электронный ресурс: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-FMBA-Rossii-ot-05.04.2016-N-49/?ysclid=m24j2t4lh710482350>.
- Общероссийские антидопинговые правила. Электронный ресурс: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-FMBA-Rossii-ot-05.04.2016-N-49/?ysclid=lyoa2gu8x649431104>.
- Об утверждении профессионального стандарта «Врач по спортивной медицине»: приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 30.01.2024 №27н. Электронный ресурс: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202403010037?ysclid=lv6i7c968w260152584>.
- Об утверждении Порядка оформления медицинских документов для запроса на терапевтическое использование запрещенной субстанции и (или) метода: приказ ФМБА России №262. Электронный ресурс: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-fmba-rossii-ot-25092020-n-262-ob-utverzhdanii/?ysclid=lywtu693ui511817862>.

REFERENCES

- International Standard "Prohibited List". URL: <https://rusada.ru/upload/iblock/7a8/55eg1m5g398vffwpbcl192drij8atcuh/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D1%81%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA%202024.pdf>. (In Russ.).
- Guidelines for Doctors on TI. URL: <https://rusada.ru/substances/tue/rukovodstva-po-ti/>. (In Russ.).
- Vernec A., Healy D. Prevalence of Therapeutic Use Exemptions at the Olympic Games and Association with Medals: an Analysis of Data from 2010 to 2018. *Br J Sports Med.* 2020;54:920–924. doi:10.1136/bjsports-2020-102028.
- Vernec A., Healy D., Banon T., Petroczi A. Prevalence of Therapeutic use Exemptions at the Olympic Games and Paralympic Games: an Analysis of Data from 2016 to 2022. *Br J Sports Med.* 2024 Jul 9;2024:108266. doi: 10.1136/bjsports-2024-108266.
- On Physical Culture and Sports in the Russian Federation. Federal Law of 04.12.2007 No. 329-FZ (as amended on 12.06.2024). URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/26631> (In Russ.).
- On the Fundamentals of Health Protection of Citizens in the Russian Federation. Federal Law of 21.11.2011 No. 323-FZ. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/34333> (In Russ.).
- On Amendments to Articles 26 and 26.1 of the Federal Law on Physical Culture and Sports in the Russian Federation and Article 42.1 of the Federal Law on the Fundamentals of Protecting the Health of Citizens in the Russian Federation. Federal Law of 28.04.2023 No. 174-FZ. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202304280019?ysclid=lyoa67s9t0835513604>.
- On Approval of the Procedure for Organizing Medical and Biological Support for Athletes of National Sports Teams of the Russian Federation. Order of the Federal Medical and Biological Agency of Russia dated 09.08.2023 No. 178. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310030004?ysclid=lyoa3qcwrf365967728> (In Russ.).
- On Counteracting the Use of Doping in Sports and the Fight Against it. Order of the FMBA of Russia dated 05.04.2016 No. 49. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-FMBA-Rossii-ot-05.04.2016-N-49/?ysclid=m24j2t4lh710482350> (In Russ.).
- All-Russian Anti-Doping Rules. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-FMBA-Rossii-ot-05.04.2016-N-49/?ysclid=lyoa2gu8x649431104> (In Russ.).
- On Approval of the Professional Standard Sports Medicine Physician. Order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation dated January 30, 2024 No. 27n. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202403010037?ysclid=lv6i7c968w260152584> (In Russ.).
- On Approval of the Procedure for Registration of Medical Documents for a Request for Therapeutic Use of a Prohibited Substance and (or) Method. Order of the FMBA of Russia No. 262. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-fmba-rossii-ot-25092020-n-262-ob-utverzhdanii/?ysclid=lywtu693ui511817862> (In Russ.).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 11.01.2025. Принята к публикации: 15.02.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.
Article received: 11.01.2025. Accepted for publication: 15.02.2025

А.С. Самойлов, В.В. Петрова, П.А. Шулепов, Н.С. Богоявленских, Д.А. Сапов, Т.А. Мартынова

ПРОГНОЗ СНИЖЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Петрова Виктория Викторовна: vpetrova@fmbcfmba.ru

Резюме

В современном спорте высших достижений поддержание высокой работоспособности является ключевым фактором успеха спортсменов. Однако интенсивные тренировочные нагрузки и высокие требования к физической подготовке делают спортсменов уязвимыми к снижению работоспособности, что может быть вызвано различными факторами, включая соматическое здоровье, функциональные резервы и психологическое состояние.

Традиционные подходы к оценке работоспособности часто основаны на общих показателях тренированности и физических тестах, что может не учитывать индивидуальные особенности здоровья спортсмена и нозологические единицы, выявленные в ходе углубленного медицинского обследования (УМО). В связи с этим, разработка более точных и индивидуализированных моделей прогнозирования снижения работоспособности становится все более актуальной.

В данной статье представлены материалы апробации модели прогнозирования снижения работоспособности спортсменов высокого класса, учитывающей особенности соматического здоровья с участием 240 спортсменов различных групп видов спорта: циклические, сложно-координационные, игровые виды и единоборства. Все спортсмены дважды за год данного этапа исследования прошли УМО в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. В каждой группе видов спорта было по 60 спортсменов мужского пола, которые в свою очередь были разделены на равные основную и контрольную группы.

Целью настоящего этапа исследования являлось подтверждение валидности созданного инструмента, позволяющего тренерам и медицинским работникам своевременно выявлять факторы риска и разрабатывать индивидуализированные стратегии профилактики и восстановления, направленные на поддержание высокой работоспособности спортсменов и достижение ими высоких спортивных результатов.

Ключевые слова: *прогностические модели, риск-ориентированный подход, спортсмены высокого класса, медико-биологическое обеспечение, работоспособность, результативность*

Для цитирования: Самойлов А.С., Петрова В.В., Шулепов П.А., Богоявленских Н.С., Сапов Д.А., Мартынова Т.А. Прогноз снижения работоспособности спортсменов высокого класса // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 22–27. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-22-27

A.S. Samoilov, V.V. Petrova, P.A. Shulepov, N.S. Bogoiavlenskikh, D.A. Sapov, T.A. Martynova

Forecast of Decline in Physical Performance of Elite Athletes

International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Petrova Victoriya Victorovna: vpetrova@fmbcfmba.ru

Abstract

In modern sports, maintaining high performance is a key factor in the success of athletes. However, intense training loads and high demands on physical fitness make athletes vulnerable to decreased performance, which can be caused by various factors, including somatic health, functional reserves and psychological state.

Traditional approaches to assessing performance are often based on general fitness indicators and physical tests, which may not take into account the individual health characteristics of an athlete and nosological units identified during an in-depth medical examination. So, it is very important to develop more accurate and individualized models for predicting a decrease in physical performance of an athlete.

This article presents the results of a test model for predicting a decrease in performance in 240 elite athletes of various sports groups: cyclic, complex-coordination, game sports and martial arts. Each group of sports included 60 male athletes, who were divided into main and control groups (30 people in each).

The purpose of this stage was to confirm the validity of this method, which allows coaches and medical workers to identify risk factors, maintain high performance of athletes and help them to achieve high sports results.

Keywords: *predictive models, risk-based approach, elite athletes, medical and biological support, performance, efficiency*

For citation: Samoilov A.S., Petrova V.V., Shulepov P.A., Bogoiavlenskikh N.S., Sapov D.A., Martynova T.A. Forecast of Decline in Physical Performance of Elite Athletes . A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.2:22-27(In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-22-27

В современном спорте высших достижений результаты спортсменов на соревнованиях напрямую связаны с поддержанием оптимальной работоспособности спортсменов. Однако интенсивные тренировочные нагрузки и высокие требования к физической подготовке создают риски снижения работоспособности, что может быть вызвано различными факторами, включая соматическое здоровье, функциональные резервы и психологическое состояние [1, 2, 5, 6, 10].

Одной из актуальных задач, стоящих перед представителями спортивной медицины, является разработка единой методологии медико-биологического сопровождения спортсменов высокого класса, в том числе для возможности проведения прогноза снижения их работоспособности на различных этапах учебно-тренировочной деятельности [4, 9].

В последние годы наблюдается растущий интерес к разработке прогностических моделей, которые позволят оценить вероятность снижения работоспособности у спортсменов. Такие модели могут стать важным инструментом для тренеров и медицинских работников, позволяя им своевременно выявлять факторы риска и разрабатывать индивидуализированные стратегии профилактики и восстановления [3, 7, 8]. При этом значительно увеличилось количество публикаций, в которых рассматривается вопрос о неоднозначном влиянии спорта высших достижений на здоровье спортсменов. Занятия спортом, с одной стороны, безусловно способствуют развитию физических качеств, обеспечивают профессиональную реализацию и социальную адаптивность человека, но с другой стороны спортивная карьера связана со

значительным психоэмоциональным напряжением и чрезмерными физическими нагрузками, которые могут негативно сказаться на здоровье спортсмена.

Поддержание здоровья спортсмена на уровне, который даст ему возможность сохранять высокие адаптационные возможности на всех этапах тренировочно-соревновательной деятельности и достичь максимального спортивного результата на соревнованиях должно входить в компетенции спортивной медицины. В данной статье мы рассматриваем концепцию прогнозирования снижения работоспособности спортсменов высокого класса с учетом современных достижений в области спортивной медицины и науки о тренировках. В статье представлена модель, которая интегрирует данные о соматическом здоровье, функциональных резервах и других факторах, влияющих на работоспособность спортсменов. Целью исследования является создание эффективного инструмента для поддержания высокой работоспособности и достижения высоких спортивных результатов.

Результаты исследования будут иметь практическое значение для спортивной науки, позволяя оптимизировать тренировочный процесс и минимизировать риски снижения работоспособности у спортсменов.

Материалы и методы

В настоящем исследовании участвовало 240 спортсменов высокого класса мужского пола различных групп видов спорта (циклические, сложнокоординационные, игровые виды и единоборства), средний возраст которых составил $22,61 \pm 3,84$ года.

Таблица 1

Дизайн этапа апробации модели прогнозирования снижения работоспособности спортсменов высокого класса (n=240 спортсменов)

Design of the testing stage in model development for predicting the decline in performance of high-class athletes (n=240 athletes)

Виды спорта	Циклические виды спорта		Сложно-координационные виды спорта		Игровые виды спорта		Единоборства	
	Основная 1	Контроль 1	Основная 2	Контроль 2	Основная 3	Контроль 3	Основная 4	Контроль 4
Группа исследования								
Количество человек	30	30	30	30	30	30	30	30
Подэтап 1	1 УМО (врачи-специалисты + нагрузочное тестирование по специфическому протоколу)							
	1 Расчёт прогноза вероятности получения того или иного диагноза							
	1 Расчет вероятности снижения работоспособности							
Подэтап 2	Назначение программ коррекции	.	Назначение программ коррекции	.	Назначение программ коррекции	.	Назначение программ коррекции	.
Подэтап 3	2 УМО (врачи-специалисты + нагрузочное тестирование по специфическому протоколу)							
	2 Расчёт прогноза вероятности получения того или иного диагноза							
	2 Расчет вероятности снижения работоспособности							
Подэтап 4	Анализ полученных данных с расчетом вероятности снижения работоспособности							

Таблица 2

Расчет риска выявления нозологической единицы при прохождении спортсменами углубленного медицинского обследования на первом подэтапе исследования

Calculation of the risk of identifying a nosological unit during an in-depth medical examination at the 1st substage of the study

Группа видов спорта		Индекс выявления диагноза	Травматолог-ортопед	Хирург	Невролог	Отоларинголог	Офтальмолог	Кардиолог	Стоматолог	Дерматовенеролог
Циклические виды спорта	Основная 1, (n=30)	0,10	0,11	0,27	1,19	0,40	0,46	0,54	0,27	
	Контроль 1, (n=30)	0,09	0,12	0,27	1,17	0,39	0,48	0,52	0,28	
Сложно-координационные виды спорта	Основная 2, (n=30)	0,32	0,09	0,31	0,98	0,42	0,34	0,51	0,38	
	Контроль 2, (n=30)	0,33	0,10	0,29	0,99	0,42	0,34	0,55	0,39	
Игровые виды спорта	Основная 3, (n=30)	0,44	0,15	0,43	1,11	0,43	0,41	0,56	0,41	
	Контроль 3, (n=30)	0,42	0,12	0,35	1,03	0,46	0,40	0,59	0,40	
Единоборства	Основная 4, (n=30)	0,26	0,09	0,40	1,12	0,51	0,43	0,71	0,63	
	Контроль 4, (n=30)	0,25	0,09	0,42	1,09	0,52	0,44	0,71	0,62	

Уровень спортивного мастерства участников исследования соответствовал нормативу не ниже Мастера спорта по избранному виду спорта. Каждая группа в исследовании включала по 30 человек. Дизайн исследования на этапе апробации модели прогнозирования снижения работоспособности спортсменов высокого класса представлен в табл. 1.

При проведении УМО в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России используются разработанные сотрудниками Центра спортивной медицины и реабилитации протоколы эргоспирометрического тестирования на велоэргометре в зависимости от вида спорта. Это рампы-протоколы, протоколы с постоянно нарастающей нагрузкой. В данной работе по протоколу 30 Вт были протестированы представители единоборств и сложно-координационных видов спорта, а по протоколу 40 Вт – циклических и игровых видов. Сравнения показателей эргоспирометрического тестирования проводились между спортсменами одной группы видов спорта.

Стоит обратить внимание, что назначение программ коррекции проводилось врачами-специалистами, которые непосредственно участвовали в осмотре спортсменов на этапе углубленного медицинского обследования. Программы коррекции назначались строго индивидуально. Исполнение этих программ коррекции каждым спортсменом контролировалось непосредственно врачом команды.

Результаты и их обсуждение

При анализе данных полученных при проведении УМО спортсменов, в каждой группе исследования был применен единый математический подход, который включал следующие составляющие:

расчет риска получения нозологической единицы после прохождения спортсменом УМО и расчет прогностического риска снижения физической работоспособности связанного с общим риском получения нозологической единицы при прохождении УМО.

При этом расчет риска получения нозологической единицы позволил оценить частоту и характер заболеваний, выявляемых у спортсменов на этапе УМО, а расчет прогностического риска снижения физической работоспособности дал возможность оценить, как именно выявленные заболевания влияют на показатели нагрузочного тестирования спортсменов.

Такие расчеты были проведены на основе данных, полученных на подэтапах 1 и 3 настоящего исследования (табл. 2, 3).

Анализ полученных данных показал, что выявление у спортсмена ЛОР или стоматологической патологии является наиболее вероятным вне зависимости от группы видов спорта. Так, например, показатель индекса выявления ЛОР диагнозов был максимальным в Основной 1 группе (циклические виды спорта) и составил 1,19, а наименьшим в группе Основная 2 (сложно-координационные виды спорта) – 0,98. Такие значения этого показателя свидетельствуют о том, что редкий спортсмен, проходящий УМО не имеет диагноза у ЛОР-врача.

Аналогичная тенденция выявлена и у врача-стоматолога. При этом наихудший показатель индекса встречаемости зафиксирован в группах Основная 4 и Контроль 4 (единоборства) и составил 0,71 в каждой. Наилучшее значение зафиксировано на уровне 0,51 в группе Основная 2 (сложно-координационные вида спорта).

Таблица 3

Расчет риска выявления нозологической единицы при прохождении спортсменами углубленного медицинского обследования на втором подэтапе исследования

Calculation of the risk of identifying a nosological unit during an in-depth medical examination at the 2nd substage of the study

Группа видов спорта		Индекс выявления диагноза	Травматолог-ортопед	Хирург	Невролог	Отоларинголог	Офтальмолог	Кардиолог	Стоматолог	Дерматовенеролог
Циклические виды спорта	Основная 1, (n=30)	0,10	0,11	0,29	0,69	0,38	0,39	0,37	0,26	
	Контроль 1, (n=30)	0,10	0,12	0,27	1,18	0,42	0,48	0,54	0,25	
Сложно-координационные виды спорта	Основная 2, (n=30)	0,33	0,09	0,32	0,68	0,40	0,33	0,33	0,37	
	Контроль 2, (n=30)	0,34	0,10	0,34	0,98	0,41	0,38	0,56	0,37	
Игровые виды спорта	Основная 3, (n=30)	0,41	0,15	0,39	0,65	0,43	0,39	0,34	0,38	
	Контроль 3, (n=30)	0,42	0,13	0,38	1,03	0,46	0,40	0,63	0,41	
Единоборства	Основная 4, (n=30)	0,26	0,10	0,40	0,99	0,46	0,44	0,55	0,39	
	Контроль 4, (n=30)	0,28	0,09	0,44	1,09	0,53	0,43	0,74	0,63	

Наиболее благополучными с точки зрения выявления профильной патологии является обследование у хирурга. Ни в одной из исследуемых групп показатель индекса встречаемости хирургической патологии у спортсменов не превышал 0,015.

После прохождения УМО спортсмены контрольных групп получили стандартные заключения о результатах обследования и вердикт, что все они допущены к прохождению спортивной подготовки, тренировочным мероприятиям и участию в соревнованиях.

В отличие от групп Контроля, спортсмены, вошедшие в основные группы помимо стандартного заключения УМО с допуском к спортивной деятельности, получили дополнительные индивидуализированные рекомендации по коррекции их состояния и врач команды был уведомлен об этом.

В соответствии с нормативными требованиями спортсмены высокого класса обязаны проходить УМО дважды в год. Поэтому при повторном посещении спортсменами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна с той же целью, мы получили возможность валидировать предложенный подход (Подэтап 3 дизайна настоящего исследования).

После прохождения повторного УМО у спортсменов выявлена значительная положительная динамика индекса в основных группах, по сравнению с контрольными группами.

Так в группе Основная 1 (циклические виды спорта) индекс встречаемости ЛОР-диагнозов снизился с 1,19 до 0,69; офтальмологических нозологий с 0,40 до 0,38, кардиологических – с 0,46 до 0,39, стоматологических – с 0,54 до 0,37. При этом в группе Контроль 1 значимых изменений данного

показателя вне зависимости от профиля врача не произошло.

У представителей сложно-координационных видов спорта в группе Основная 2 индекс выявления диагноза у ЛОР-врача снизился с 0,98 до 0,68, у офтальмолога – с 0,42 до 0,40, а у стоматолога – с 0,51 до 0,33. В тоже время в группе Контроль 2 динамических изменений выявлено не было, все группы показателей, которые находились в желтой или красных зонах не претерпели изменений.

Спортсмены игровых видов спорта группы Основная 3 имели наиболее значимые положительные сдвиги в состоянии здоровья, а именно при первом УМО индекс выявления диагноза был относительно высоким или высоким (желтая и красная зоны) у 7 врачей-специалистов из 8, а на втором УМО данный показатель остался в желтой зоне только у травматолога-ортопеда, ЛОР-врача и офтальмолога и составил 0,41; 0,65 и 0,43, соответственно. В контрольной группе игровых видов спорта мы получили данные, свидетельствующие о том, что значительных изменений в их состоянии здоровья не произошло.

В группе Основная 4 (единоборства) значительные положительные изменения наблюдаются по показателю выявления диагноза у стоматолога, где исходный уровень был 0,71, и он снизился до 0,55, а также у дерматовенеролога – снижение с 0,63 до 0,39, соответственно. К группе Контроль 4 динамических изменений не выявлено.

Проведя анализ выявления диагнозов различными врачами-специалистами при проведении УМО у спортсменов мы детально изучили и комплексно оценили показатели нагрузочного тестирования и динамику регистрируемых эргоспирометрических показателей.

Циклические вид спорта



Сложно-координационные виды спорта



Игровые виды спорта



Единоборства



Рисунок. Динамика изменений физической работоспособности спортсменов по данным нагрузочного тестирования в различных группах (А1, Б1, В1 и Г1 – группы спортсменов, применявших назначенные программы коррекции (циклических, сложно-координационных, игровых видов спорта и единоборств, соответственно); А2, Б2, В2 и Г2 – контрольные группы спортсменов (циклических, сложно-координационных, игровых видов спорта и единоборств, соответственно), (n=30 в каждой группе)

Figure. Dynamics of changes in physical performance of athletes according to load testing data in different groups (A1, B1, V1 and Г1 are groups of athletes who used the prescribed correction programs (cyclic, complex coordination, game sports and martial arts, respectively); A2, B2, V2 and Г2 are control groups of athletes (cyclic, complex coordination, game sports and martial arts, respectively), (n=30 in each group)

На рисунке представлены данные о процентном соотношении и динамике изменений физической работоспособности спортсменов по данным нагрузочного тестирования во всех 8 группах исследования, ($n=30$ в каждой группе).

У представителей циклических видов спорта наблюдалась следующая картина: в группе Основная 1 показатели физической работоспособности улучшились у 17% спортсменов, без изменений остались у 73%, а ухудшились у 10%. В тоже время в группе Контроль 1 динамика показателей физической работоспособности была следующей: 7, 69 и 24%, соответственно. Аналогичная тенденция была выявлена в сложно-координационных и игровых видах спорта, а также в единоборствах.

Заключение

Полученные в ходе исследования результаты имеют практическое и теоретическое значение для

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Бадтиева В.А., Теняева Е.А., Сичинава Н.В., Турова Е.А., Трухачева Н.В., Афонина В.И., Бабеян И.Г., Верещагина Д.А., Востриков Ю.Д., Горячева О.И., Деревянко С.Н., Дьячкова А.А., Костина Н.А., Макунин Н.В., Петросян А.А., Савин Э.А., Суманеева Е.И., Токарев Ф.В., Усманов Д.М., Югай С.В., Рожкова Е.А., Артикулова И.Н., Папина Н.А. Анализ динамики и структуры заболеваемости спортсменов сборных команд Москвы по результатам углубленного медицинского обследования // Спортивная медицина: наука и практика. 2022. Т.12. №2. С. 22-31. doi: 10.47529/2223-2524.2022.2.1.
- Вершинин Е.Г., Гуро О.А., Гончарова А.А. Сравнительный анализ структуры заболеваемости спортсменов и лиц, занимающихся спортом, в г. Волгограде за 2010-2016 гг. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2017. Т.64. №4. С. 58-62. doi: 10.19163/1994-9480-2017-4(64)-58-62.
- Праскурничий Е.А. Медицинские и авиамедицинские риски безопасности полётов. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2021. 192 с.
- Самойлов А.С., Ключников М.С., Федин А.Б., Назарян С.Е., Пустовойт В.И. Медицинский скрининг в массовом спорте // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2019. Т.1. №149. С. 21-26.
- Черепанов Е.А., Назарян С.Е. Боли в нижней части спины в спорте высших достижений // Лечебная физкультура и спортивная меди-

ципальной спортивной медицины, работы тренерско-педагогического состава и оптимизации процесса подготовки к соревнованиям при условии необходимости поддержания высокого уровня работоспособности спортсменов. Использование такой модели может стать важным инструментом для достижения значимых спортивных результатов и продления карьеры спортсменов.

На последующих этапах наши исследования в этой области будут направлены на совершенствование модели прогноза снижения работоспособности спортсменов высокого класса и ее применение в различных видах спорта, что позволит еще больше повысить эффективность прогнозирования и управления рисками. В целом, данная модель представляет собой значительный шаг вперед в области спортивной медицины и науки о тренировках, способствуя достижению высоких результатов в спорте и поддержанию здоровья спортсменов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- дина. 2013. Т.8. №116. С. 42-48.
- Carek P.J., Hunter L. The Preparticipation Physical Examination for Athletics: a Critical Review of Current Recommendations // J Med Liban. 2001 Sep-Oct. V.49. No.5. P. 292-7. PMID: 12243425.
- Conley K.M., Bolin D.J., Carek P.J., Konin J.G., Neal T.L., Violette D. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Preparticipation Physical Examinations and Disqualifying Conditions // J Athl Train. 2014. V.49. No.1. P.102-120.
- Le V.V., Wheeler M.T., Mandic S., Dewey F., Fonda H., Perez M., Sungar G., Garza D., Ashley E.A., Matheson G., Froelicher V. Addition of the Electrocardiogram to the Preparticipation Examination of College Athletes // Clin J Sport Med. 2010 Mar. V.20. No.2. P. 98-105. doi: 10.1097/JSM.0b013e3181d44705. PMID: 20215891.
- Glikson M., Michowitz Y., Milman A., Golan R., Hadas D., Wolak A., Haim M., Kazum S., Fogelman R., Fuchs S., Constantini N.W., Scheinowitz M., Keren G., Keren A. Recommendations for Changing Cardiovascular Screening of Athletes who are Required for Pre-Participation Screening under the Sports Law - a Position Paper on Behalf of the Israel Heart Society // Harefuah. 2022 Jul. V.161. No.7. P. 454-457. Hebrew. PMID: 35833433.
- Yaman H., Ozbas H., Toraman F., Yaman A. The Use of a Standardized Pre-Participation Physical Examination form in Turkish Adolescent Athletes // Saudi Med J. 2005 Feb. V.26. No.2. P. 230-3. PMID: 15770296.

REFERENCES

- Badtiyeva V.A., Tenya Ye.A., Sichinava N.V., Turova Ye.A., Trukhacheva N.V., Afonina V.I., Babeyan I.G., Vereschchagina D.A., Vostrikov YU.D., Goryacheva O.I., Derevyanko S.N., D'yachkova A.A., Kostina N.A., Makunin N.V., Petrosyan A.A., Savin E.A., Sumaneyeva Ye.I., Tokarev F.V., Usmanov D.M., Yugay S.V., Rozhkova Ye.A., Artikulova I.N., Papina N.A. Analysis of the Dynamics and Structure of Morbidity of Athletes of the Moscow National Teams Based on the Results of an In-Depth Medical Examination. Sportivnaya Meditsina: Nauka i Praktika = Sports Medicine: Science and Practice. 2022;12;2:22-31 (In Russ.). doi: 10.47529/2223-2524.2022.2.1.
- Vershinin Ye.G., Guro O.A., Goncharova A.A. Comparative Analysis of the Structure of Morbidity of Athletes and Persons Involved in Sports in Volgograd for 2010-2016. Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta = Bulletin of the Volgograd State Medical University. 2017;64;4:58-62 (In Russ.). doi: 10.19163/1994-9480-2017-4(64)-58-62.
- Praskurnichiy Ye.A. Meditsinskiye i Aviameditsinskiye Riski Bezopasnosti Poletov = Medical and Aeromedical Risks of Flight Safety. Moscow, FMBTS im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2021. 192 p. (In Russ.).
- Samoylov A.S., Klyuchnikov M.S., Fedin A.B., Nazaryan S.Ye., Pustovoyt V.I. Medical Screening in Mass Sports. Lechebnaya Fizkul'tura i Sportivnaya Meditsina = Therapeutic Physical Education and Sports Medicine. 2019;1;149:21-26 (In Russ.).
- Cherepanov Ye.A., Nazaryan S.Ye. Lower Back Pain in High-Performance

- Sports. Lechebnaya Fizkul'tura i Sportivnaya Meditsina = Therapeutic Physical Education and Sports Medicine. 2013;8;116:42-48 (In Russ.).
- Carek P.J., Hunter L. The Preparticipation Physical Examination for Athletics: a Critical Review of Current Recommendations. J Med Liban. 2001 Sep-Oct;49;5:292-7. PMID: 12243425.
- Conley K.M., Bolin D.J., Carek P.J., Konin J.G., Neal T.L., Violette D. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Preparticipation Physical Examinations and Disqualifying Conditions. J Athl Train. 2014;49;1:102-120.
- Le V.V., Wheeler M.T., Mandic S., Dewey F., Fonda H., Perez M., Sungar G., Garza D., Ashley E.A., Matheson G., Froelicher V. Addition of the Electrocardiogram to the Preparticipation Examination of College Athletes. Clin J Sport Med. 2010 Mar;20;2:98-105. doi: 10.1097/JSM.0b013e3181d44705. PMID: 20215891.
- Glikson M., Michowitz Y., Milman A., Golan R., Hadas D., Wolak A., Haim M., Kazum S., Fogelman R., Fuchs S., Constantini N.W., Scheinowitz M., Keren G., Keren A. Recommendations for Changing Cardiovascular Screening of Athletes who are Required for Pre-Participation Screening under the Sports Law - a Position Paper on Behalf of the Israel Heart Society. Harefuah. 2022 Jul;161;7:454-457. Hebrew. PMID: 35833433.
- Yaman H., Ozbas H., Toraman F., Yaman A. The Use of a Standardized Pre-Participation Physical Examination form in Turkish Adolescent Athletes. Saudi Med J. 2005 Feb;26;2:230-3. PMID: 15770296.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 11.01.2025. **Принята к публикации:** 15.02.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 11.01.2025. **Accepted for publication:** 15.02.2025

ВЕРОЯТНОСТЬ ВЫЯВЛЕНИЯ НОЗОЛОГИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА ПРИ УГЛУБЛЕННОМ МЕДИЦИНСКОМ ОБСЛЕДОВАНИИ (ТРЕХЛЕТНИЙ РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ)

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Петрова Виктория Викторовна: vpetrova@fmbcfmba.ru

Резюме

Исследование включало в себя регрессионный анализ с расчетом вероятностей выявления нозологических единиц обнаруженных при углубленном медицинском обследовании (УМО) спортсменов и основывалось на трехлетнем ретроспективном анализе медицинских данных 2 472 представителей циклических видов спорта мужского пола, средний возраст которых составил $24,3 \pm 1,8$ года, уровень спортивного мастерства был не ниже Мастера спорта.

Основной целью настоящего исследования явилось выявление частоты и характера заболеваний (нозологических единиц), выставленных врачами-специалистами у спортсменов циклических видов спорта в ходе УМО, а также создание математической модели, позволяющей прогнозировать вероятность выявления этих заболеваний на основе анализа данных медицинских обследований.

На основе полученных данных на последующих этапах планируется разработка и оптимизация профилактических мер в спортивной медицине, а также оптимизации медико-биологического сопровождения спортсменов за счет поддержания оптимального состояния здоровья спортсменов.

Ключевые слова: *прогностическая модель, вероятностный подход, углубленное медицинское обследование, спортсмены высокого класса, структура заболеваемости*

Для цитирования: Самойлов А.С., Петрова В.В., Шулепов П.А., Мартынова Т.А., Сапов Д.А. Вероятность выявления нозологических единиц у спортсменов высокого класса циклических видов спорта при углубленном медицинском обследовании (трехлетний ретроспективный анализ) // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 28–33. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-28-33

Probability of Detecting Nosological Units in High-Class Athletes of Cyclic Sports During in-Depth Medical Examination (Three-Year Retrospective Analysis)

International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Petrova Victoriya Viktorovna: vpetrova@fmbcfmba.ru

Abstract

The article examines three-year medical data of 2,472 male representatives of cyclic sports (average age 24.3 ± 1.8 years, not lower than the level of master of sports). The calculation of the probabilities of identifying nosological units detected during an in-depth medical examination of athletes was carried out using the regression analysis method.

The main objective of this study was to identify the frequency and nature of diseases (nosological units) identified by medical specialists in athletes of cyclic sports during an in-depth medical examination. The possibility of creating a mathematical model that allows predicting the probability of identifying these diseases based on the analysis of medical examination data is considered.

The obtained data will be applicable to optimize preventive measures in sports medicine, as well as medical and biological support of athletes by maintaining the optimal health of athletes.

Keywords: *prognostic model, probabilistic approach, in-depth medical examination, elite athletes, morbidity structure*

For citation: Samoilov A.S., Petrova V.V., Shulepov P.A., Martynova T.A., Sapov D.A. Probability of Detecting Nosological Units in High-Class Athletes of Cyclic Sports During in-Depth Medical Examination (Three-Year Retrospective Analysis) . A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.2:28-33. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-28-33

Введение

Современный спорт как социальное явление столь же многогранен сколь и неоднозначен по своему воздействию как на общество, так и на самого спортсмена. В основе успешной спортивной карьеры всегда лежит тяжелая работа на пределе физических возможностей в условиях жесточайших перегрузок психических и физиологических систем. Интенсивные тренировочные нагрузки, повышенный уровень стресса и жесткая конкуренция делают спортсменов особенно уязвимыми к различным заболеваниям и травмам, что может приводить к снижению их работоспособности и, как следствие, к ухудшению спортивных результатов [2, 3, 6, 8, 12].

Главной целью медико-биологического сопровождения спортсменов высокого класса является разработка и реализация максимально информативной, в диагностическом плане, процедуры оценки состояния здоровья спортсменов. При этом должны быть решены следующие задачи:

1. Исключение заболеваний и патологических состояний, отнесенных к общепринятым противопоказаниям к занятиям спортом.

2. Оценка степени риска, определяющей возможность или невозможность допуска к занятиям спортом лиц, с так называемыми пограничными состояниями.

3. Определение степени вероятности обнаружения скрытой патологии или возможность ее раннего возникновения, особенно в условиях возрастающей по напряжению физической активности.

4. Оценка степени «вредного» влияния избранного вида спорта, т.е. видоспецифичность развивающихся у спортсменов нозологий.

Спортивное сообщество (от тренеров до спортивных врачей) с уверенностью может утверждать, что спортсмен спорта высоких достижений осознанно выбирает риск вреда здоровью, особенно если речь идет о победе в рейтинговых соревнованиях. Стоит отметить, что состояние здоровья спортсмена, с одной стороны, является условием для достижения высоких результатов на соревнованиях, с другой стороны, основой для формирования спортивного навыка и профессионально важных качеств.

Огромную роль в сохранении уровня здоровья спортсмена играют условия внешней среды и организации спортивной деятельности, к ним, в частности, относятся обеспечение качественной медицинской помощью и регулярными медицинскими осмотрами (УМО). На этой основе возможно построение программ, направленных на сохранение спортивного долголетия и управления рисками развития заболеваний, связанных с занятиями спортом.

По данным об уровне здоровья спортсмена, полученным на УМО, возможно проводить оценку уровня риска ухудшения состояния его здоровья и снижения работоспособности, и, соответственно, предположить его результативность. Абсолютно исключить риск развития того или иного заболевания у какого-то конкретного спортсмена нельзя, но возможно рассчитать вероятность обнаружения нозологических единиц у спортсменов высокого класса

при углубленном медицинском обследовании. В данной статье приводится модель расчёта, на основе десятилетнего ретроспективного анализа.

Актуальность приводимого исследования обусловлена тем, что для сохранения высокого уровня физической работоспособности спортсменов и обеспечения значимых спортивных результатов необходима разработка прогностических моделей, в том числе учитывающих структуру заболеваемости, выявленную при прохождении спортсменами углубленного медицинского обследования [7, 9, 10, 11]. На основании этих моделей возможно выстраивание эффективных стратегий управления рисками снижения работоспособности во взаимосвязи с уровнем соматического здоровья. УМО позволяет получить комплексную информацию о состоянии здоровья спортсмена, выявить наличие скрытых заболеваний и предрасположенностей, а также оценить функциональные резервы организма [1, 5]. Эта информация может быть использована для построения более точных моделей прогнозирования снижения работоспособности, учитывающих индивидуальные особенности каждого спортсмена.

Материалы и методы

В настоящем исследовании были использованы данные углубленного медицинского обследования спортсменов высокого класса, собранные за трехлетний период (с 2021 по 2023 год). В анализ были включены результаты обследований 2 472 спортсменов высокого класса циклических видов спорта мужского пола, средний возраст которых составил $24,3 \pm 1,8$ года, уровень спортивного мастерства не ниже Мастера спорта. Все спортсмены прошли УМО на базе ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. Данные, подвергнутые анализу, включали информацию об их соматическом здоровье (а именно наличие в заключении верифицированного диагноза). Основной особенностью нашего подхода является то, что в обработку были включены сведения о спортсменах, которые по итогу УМО были допущены к профессиональной деятельности, т.е. выставленный диагноз соответствовал такому уровню ремиссии, который не препятствует активной тренировочной и соревновательной деятельности.

Порядок проведения УМО спортсменов высокого класса определен Приказом Минздрава России №1144н от 23.10.2020 г. и включает в себя осмотры врачей-специалистов (травматолог-ортопед, хирург, терапевт, невролог, оториноларинголог, офтальмолог, кардиолог, гинеколог или уролог, дерматовенеролог, стоматолог, медицинский психолог/психотерапевт), клинико-лабораторные и функционально-диагностические методы обследования спортсменов [4].

Для прогнозирования вероятности выявления заболеваний (нозологических единиц по МКБ-10) была разработана математическая модель, основанная на методах регрессионного анализа.

Полученные результаты были проанализированы с целью выявления наиболее значимых факторов, влияющих на вероятность выявления заболеваний у спортсменов. Были также определены пороговые

значения для каждого показателя, превышение которых увеличивает риск выявления заболеваний.

Для статистической обработки данных и построения математической модели были использованы программы StatTech v.4.5.0 (разработчик – ООО «Статтех», Россия).

Исследование было проведено с соблюдением всех необходимых этических норм и получило одобрение от соответствующего комитета по этике. Все участники исследования подписали информированное согласие на использование их данных.

Результаты и их обсуждение

В современном спорте интенсивные тренировочные нагрузки и высокие требования к физической подготовке делают спортсменов уязвимыми к различным заболеваниям и травмам. В связи с этим, разработка эффективных моделей оценки и управления рисками для здоровья спортсменов становится все более актуальной.

Проводя исследования в данном направлении, мы применяем подход, основанный на «пирамиде профессиональной надежности спортсменов», который представляет собой концептуальную модель, позволяющую систематизировать и оценить взаимосвязь между различными факторами, влияющими на уровень здоровья и работоспособности спортсменов. Эта методика включает в себя несколько уровней, от условий внешней среды и соматического здоровья до профессионально важных качеств спортсмена, и позволяет оценить степень влияния каждого фактора на возможность устойчивого воспроизведения наилучшего спортивного результата. Данный подход позволяет глубже понять взаимосвязи между различными факторами и разработать более эффективные подходы к поддержанию здоровья и работоспособности спортсменов высокого класса. Наиболее общее видение данного подхода представлена на рисунке.

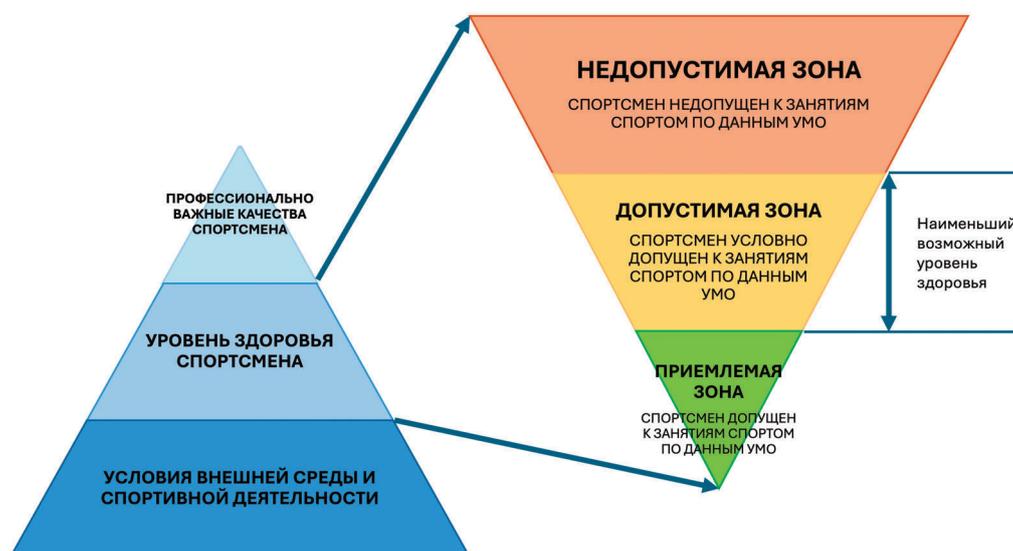


Рисунок. Пирамида профессиональной надежности и градация факторов риска (с учетом степени их влияния уровень здоровья спортсмена)

Figure. Pyramid of professional reliability and gradation of risk factors (and the degree of their influence on the athlete's health level)

В основании «Пирамиды» расположены условия спортивной деятельности и внешней среды, с которыми сталкивается спортсмен. В эту группу факторов входят и тренировочная и соревновательная нагрузки; восстановительные мероприятия; качество спортивного инвентаря, оборудования и инфраструктуры; климатические условия; социальная среда; качество и сбалансированность питания; психологическая поддержка и многое другое.

Вторым уровнем пирамиды является «уровень здоровья спортсмена». По данным об уровне здоровья спортсмена, полученным на УМО, мы можем оценить уровень риска ухудшения состояния его здоровья и снижения работоспособности, и, соответственно, предположить его результативность. Абсолютно исключить риск нельзя. Поэтому в приемлемой зоне риска находятся спортсмены, допущенные к занятиям спортом по результатам УМО. В зоне допустимого риска, спортсмены, условно допущенные и это наименьший возможный уровень здоровья. За ним идет недопустимая рискованная зона. Именно поэтому так важны критерии допуска, которые должны быть разработаны как с учетом видоспецифичности, так и нозологии.

И вершиной данной пирамиды является набор личных и личностных характеристик спортсмена. Профессионально важные качества у спортсменов включают в себя ряд физических, психологических и социальных характеристик, которые способствуют достижению высоких спортивных результатов и поддержанию оптимального состояния здоровья. К физическим качествам можно отнести высокий уровень физической подготовки в избранном виде спорта, а также силу, скорость, выносливость и гибкость. Спортсмены относятся к особой группе людей с точки зрения психологических качеств, таких как мотивация, целеустремленность, устойчивость, самодисциплина, коммуникативные навыки (особенно в командных видах спорта), способность анализировать свои

выступления, адаптивность и другое. Эти качества в совокупности позволяют спортсменам достигать высоких результатов и поддерживать свое здоровье на протяжении всей карьеры.

На основе данных об уровне здоровья спортсмена, полученных на УМО мы проводим градацию медицинских факторов риска по степени влияния на безопасность занятий спортом. Рассмотрению этих вопросов будут посвящены отдельные публикации.

На последующем этапе настоящего исследования был проведен анализ структуры заболеваемости спортсменов высокого класса, выявленных при проведении УМО. Диагнозы выставлялись в соответствии с классификацией МКБ10 высоко квалифицированными врачами и при необходимости подтверждались лабораторными и инструментальными методами исследования.

На основе десятилетнего анализа данных медицинской документации этой группы спортсменов, была разработана формула, описывающая вероятность обнаружения у спортсмена того или иного диагноза (нозологической единицы). Формула представлена ниже.

$$P_j^i (\text{Код МКБ10}) = \frac{n_j^i}{N_j^i}$$

Где P_j^i (Код МКБ10) – вероятность обнаружения у спортсмена заболевания; n_j^i – число спортсменов имеющих тот или иной диагноз по классификации МКБ10; N_j^i – общее число спортсменов, участвовавших в УМО у заданного врача-специалиста, i – группа видов спорта; j – классификатор видов спорта.

В таблице представлена выборочная структура заболеваемости спортсменов спорта высших достижений и представлены значения найденной вероятности выявления нозологической единицы, а также совокупность вероятностей для конкретного врача-специалиста. В данной таблице приводятся примеры представления высчитанных вероятностей, при этом мы исходим адаптированной шкалы Чеддока логического анализа сущностей изучаемого явления и причинно-следственных связей. По нашим расчетам, если диапазон выявления заболевания у спортсменов составляет от 0 до 0,39, то вероятность низкая; если от 0,40 до 0,69 – то вероятность средняя; а если 0,70 и выше – то высокая. В таблице мы приводим примеры встречаемости диагнозов у врачей-специалистов, из каждого из диапазонов.

Как видно из представленных данных, вероятность выявления травматологического диагноза у данной группы спортсменов составляет 0,110 и соответствует значению «низкая». При этом с наибольшей вероятностью 0,035 встречается «тендинит ахиллова сухожилия» (код по МКБ10 M76.6), а с наименьшей 0,007 «травма четырехглавой мышцы и ее сухожилия» (код по МКБ10 S76.1).

Среднюю вероятность выявления диагнозов мы продемонстрировали на примере врача-кардиолога. Суммарная вероятность выявления кардиологических диагнозов у данной группы спортсменов составила 0,435. При этом чаще всего встречался «пролапс [пролабирование] митрального клапана» (код по МКБ10 I34.1), коэффициент вероятности встречаемости которого равнялся 0,203; наименьшая вероятность была выявлена у трех нозологических единиц «кардиомиопатия при метаболических нарушениях» (код по МКБ10 I43.1), «синдром преждевременного возбуждения» (код по МКБ10 I45.6) и «отклонения от нормы, выявленные при проведении функциональных исследований сердечно-сосудистой системы» (код по МКБ10 R94.3), в каждом случае вероятность составила 0,008.

Наибольшее количество диагнозов приходилось на ЛОР-патологию, и рассчитанная вероятность встречаемости нозологических единиц данной группы превысила единицу и составила 1,203. При этом подавляющее количество диагнозов у врача оториноларинголога приходилось на «смещенную носовую перегородку» (код по МКБ10 J34.2) и фиксировалось на уровне 0,714, на втором месте по вероятности встречаемости находится диагноз «хронический тонзиллит» (код по МКБ10 J35.0) с коэффициентом 0,179. Реже встречается «адгезивная болезнь среднего уха» (код по МКБ 10 H74.1) – 0,007.

Заключение

Проведенное исследование подчеркивает важность УМО в системе медико-биологического сопровождения спорта высоких достижений, а также расширяет возможности использования медицинских данных, получаемых при постоянном мониторинге здоровья спортсменов, что в свою очередь может помочь при планировании мероприятий по предотвращению и раннему выявлению заболеваний. Результаты исследования могут быть полезны тренерам, медицинским работникам и самим спортсменам для оптимизации тренировочного процесса и поддержания оптимального состояния здоровья.

Разработанная математическая модель, основанная на методах регрессионного анализа, позволила оценить вероятность выявления заболеваний у спортсменов высокого класса. Полученные результаты могут быть использованы для создания индивидуализированных программ профилактики и раннего выявления заболеваний, что в конечном итоге будет способствовать улучшению здоровья и повышению спортивных результатов спортсменов.

Предлагаемая модель прогнозирования вероятности выявления заболеваний может быть адаптирована для различных видов спорта и использована в качестве инструмента для повышения эффективности спортивной медицины. Дальнейшие исследования в этой области будут направлены на совершенствование модели и ее применение в практике спортивной медицины.

Таблица

Рассчитанная вероятность выявления нозологических единиц у спортсменов высокого класса циклических видов спорта при углубленном медицинском обследовании (трехлетний ретроспективный анализ)
 The probability of identifying nosological units in high-class athletes of cyclic sports during an in-depth medical examination (three-year retrospective analysis)

Специальность врача	Диагноз (нозологическая единица)	Код по МКБ-10	Вероятность	Совокупность вероятностей
Травматолог-ортопед	Тендинит ахиллова сухожилия	M76.6	0,035	0,110
	Травматическая артропатия	M12.5	0,014	
	Артроз (первичный)	M19.0	0,014	
	Артроз коленного сустава	M17.2	0,007	
	Др. нарушения роста и развития костей	M89.2	0,007	
	Сегментарная или соматическая дисфункция	M99.0	0,007	
	Перелом пястной кости	S62.3	0,007	
	Травма четырехглавой мышцы и ее сухожилия	S76.1	0,007	
	Другие травматологические диагнозы	-	0,012	
Кардиолог	Пролапс [пролабирование] митрального клапана	I34.1	0,203	0,435
	Другие врожденные аномалии сердечных камер и соединений	Q20.8	0,073	
	Аортальная (клапанная) недостаточность	I35.1	0,049	
	Другие уточненные нарушения проводимости	I45.8	0,033	
	Другие уточненные нарушения сердечного ритма	I49.8	0,033	
	Другие врожденные аномалии сердечной перегородки	Q21.8	0,024	
	Другие расстройства вегетативной [автономной] нервной системы	G90.8	0,016	
	Кардиомиопатия при метаболических нарушениях	I43.1	0,008	
	Синдром преждевременного возбуждения	I45.6	0,008	
	Отклонения от нормы, выявленные при проведении функциональных исследований сердечно-сосудистой системы	R94.3	0,008	
	Другие кардиологические диагнозы	-	0,012	
Оториноларинголог	Смещенная носовая перегородка	J34.2	0,714	1,203
	Хронический тонзиллит	J35.0	0,179	
	Аллергический ринит, вызванный пылью растений	J31.0	0,121	
	Вазомоторный ринит	J30.0	0,071	
	Хронический синусит неуточненный	J32.9	0,064	
	Острый назофарингит	J00	0,014	
	Острый синусит	J01.0	0,014	
	Адгезивная болезнь среднего уха	H74.1	0,007	
Другие оториноларингологические диагнозы	-	0,019		

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Бадтиева В.А., Теняева Е.А., Сичинава Н.В., Турова Е.А., Трухачева Н.В., Афонова В.И., Бабеян И.Г., Верещагина Д.А., Востриков Ю.Д., Горячева О.И., Деревянко С.Н., Дьячкова А.А., Костина Н.А., Макунин Н.В., Петросян А.А., Савин Э.А., Суманеева Е.И., Токарев Ф.В., Усманов Д.М., Югай С.В., Рожкова Е.А., Артикулова И.Н., Папина Н.А. Анализ динамики и структуры заболеваемости спортсменов сборных команд Москвы по результатам углубленного медицинского обследования // Спортивная медицина: наука и практика. 2022. Т.12. №2. С. 22-31. doi: 10.47529/2223-2524.2022.2.1.
- Петрова В.В., Киш А.А., Брагин М.А. Прогноз физической работоспособности по показателям комплексной оценки состояния спортсменов // Медицинская наука и образование Урала. 2019. Т.20. №1. С.155-159.
- Праскурничий Е.А. Медицинские и авиамедицинские риски безопасности полетов: Монография. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2021. 192 с.
- О прохождении порядка организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (в том числе при подготовке и проведении физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий), включая порядок медицинского осмотра лиц, желающих пройти спортивную подготовку, заниматься физической культурой и спортом в организациях и (или) выполнить нормативы испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО)» и форм медицинских заключений о допуске к участию в физкультурных и спортивных мероприятиях: приказ Минздрава России от 23 октября 2020 г. №1144н.

- Электронный ресурс: <https://docs.cntd.ru/document/566484141>
5. Спортивная медицина: Национальное руководство / Под ред. С.П.Миронова, Б.А.Поляева, Г.А.Макаровой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 1184 с.
 6. Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Медико-биологическое обеспечение физической культуры и спорта высших достижений // Вестник новых медицинских технологий. 2010. №1. С.149-150.
 7. Brian R. MacIntosh, Jared R. Fletcher. Physiological Determinants of Athletic Performance: Open Textbook of Exercise Physiology. 2024. Preprint.
 8. Carek P.J., Hunter L. The Preparticipation Physical Examination for Athletics: a Critical Review of Current Recommendations // J Med Liban. 2001 Sep-Oct. V.49. No.5. P. 292-7. PMID: 12243425.
 9. Conley K.M., Bolin D.J., Carek P.J., Konin J.G., Neal T.L., Violette D. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Preparticipation Physical Examinations and Disqualifying Conditions // J Athl Train. 2014 Mar-Apr. V.49. No.1. P. 102-120.
 10. Rohan Whitehead. The Impact of Data Analytics on the Sporting World. The Institute of Analytics. 2024. URL: <https://ioaglobal.org/blog/impact-of-data-analytics-on-sports/>
 11. Sá Filho A.S., Inacio P.A., Aprigliano V., Leonardo P.S., Oliveira-Silva I., Cunha R.M., Chiappa G.R., Fajemiroye J.O., Vieira R.P., Lopes-Martins R.A.B., et al. Predictive and Cross-Validation Analysis of Aerobic and Anaerobic Performance Based on Maximum Strength // Applied Sciences. 2025. V.15. No.2. P. 693. doi: 10.3390/app15020693
 12. Yaman H., Ozbas H., Toraman F., Yaman A. The Use of a Standardized Pre-Participation Physical Examination form in Turkish Adolescent Athletes // Saudi Med J. 2005 Feb. V.26. No.2. P. 230-3. PMID: 15770296.

REFERENCES

1. Badtiyeva V.A., Tenya Ye.A., Sichinava N.V., Turova Ye.A., Trukhacheva N.V., Afonina V.I., Babeyan I.G., Vereshchagina D.A., Vostrikov Yu.D., Goryacheva O.I., Derevyanko S.N., D'yachkova A.A., Kostina N.A., Makunin N.V., Petrosyan A.A., Savin E.A., Sumaneyeva Ye.I., Tokarev F.V., Usmanov D.M., Yugay S.V., Rozhkova Ye.A., Artikulova I.N., Papina N.A. Analysis of the Dynamics and Structure of Morbidity of Athletes of the Moscow National Teams Based on the Results of an In-Depth Medical Examination. Sportivnaya Meditsina: Nauka i Praktika = Sports Medicine: Science and Practice. 2022;12;2:22-31 (In Russ.). doi: 10.47529/2223-2524.2022.2.1.
2. Petrova V.V., Kish A.A., Bragin M.A. Forecast of Physical Performance Based on Indicators of a Comprehensive Assessment of the Condition of Athletes. Meditsinskaya Nauka i Obrazovaniye Urala = Medical Science and Education of the Urals. 2019;20;1:155-159 (In Russ.).
3. Praskumichiy Ye.A. Meditsinskiye i Aviameditsinskiye Riski Bezopasnosti Poletov = Medical and Aeromedical Flight Safety Risks: Monograph. Moscow, FMBTS im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2021. 192 p. (In Russ.).
4. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566484141> (In Russ.).
5. Sportivnaya Meditsina = Sports Medicine. National Guide. Ed. S.P.Mironov, B.A.Polyayev, G.A.Makarova. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2012. 1184 p. (In Russ.).
6. Fudin N.A., Khadartsev A.A. Medical and Biological Support of Physical Education and High-Performance Sports. Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy = Bulletin of New Medical Technologies. 2010;1:149-150 (In Russ.).
7. Brian R. MacIntosh, Jared R. Fletcher. Physiological Determinants of Athletic Performance. Open Textbook of Exercise Physiology. 2024. Preprint.
8. Carek P.J., Hunter L. The Preparticipation Physical Examination for Athletics: a Critical Review of Current Recommendations. J Med Liban. 2001 Sep-Oct;49;5:292-7. PMID: 12243425.
9. Conley K.M., Bolin D.J., Carek P.J., Konin J.G., Neal T.L., Violette D. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Preparticipation Physical Examinations and Disqualifying Conditions. J Athl Train. 2014 Mar-Apr;49;1:102-120.
10. Rohan Whitehead. The Impact of Data Analytics on the Sporting World. The Institute of Analytics. 2024. URL: <https://ioaglobal.org/blog/impact-of-data-analytics-on-sports/>
11. Sá Filho A.S., Inacio P.A., Aprigliano V., Leonardo P.S., Oliveira-Silva I., Cunha R.M., Chiappa G.R., Fajemiroye J.O., Vieira R.P., Lopes-Martins R.A.B., et al. Predictive and Cross-Validation Analysis of Aerobic and Anaerobic Performance Based on Maximum Strength. Applied Sciences. 2025;15;2:693. doi: 10.3390/app15020693
12. Yaman H., Ozbas H., Toraman F., Yaman A. The Use of a Standardized Pre-Participation Physical Examination form in Turkish Adolescent Athletes. Saudi Med J. 2005 Feb;26;2:230-3. PMID: 15770296.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 18.01.2025. Принята к публикации: 20.02.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.
Article received: 18.01.2025. Accepted for publication: 20.02.2025

А.С. Самойлов¹, Н.В. Рылова^{1,2}, А.В. Жолинский², Е.В. Голобородько¹, А.В. Бодров¹, Е.В. Кузнецова³

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА ТЕЛА В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

²Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА России, г. Москва

³ФГАОУ ВО «Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова» Мининздрава России, Москва

Контактное лицо: Рылова Наталья Викторовна: rilovanv@mail.ru

Резюме

В статье представлен обзор отечественной и зарубежной литературы о современных методах анализа состава тела. Большое внимание уделяется описанию таких распространенных методик, как измерение антропометрических показателей и биоимпедансный анализ. Несмотря на низкую точность, антропометрия все еще является одним из наиболее популярных способов ориентировочной оценки нутритивного статуса. Также в статье детально рассматриваются такие методы, как двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, компьютерная томография и магнитно-резонансная томография, с помощью которых можно получить точную и исчерпывающую информацию о составе тела человека. Необходимость в применении анализа состава тела существует в таких направлениях клинической медицины, как диетология, нефрология, комбустиология, хирургия, кардиология, анестезиология и реаниматология и т.д. В зависимости от целей и задач в конкретной клинической ситуации могут применяться различные методы исследования и их комбинации.

Ключевые слова: состав тела, биоимпедансный анализ, антропометрия, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, компьютерная томография

Для цитирования: Самойлов А.С., Рылова Н.В., Жолинский А.В., Голобородько Е.В., Бодров А.В., Кузнецова Е.В. Актуальные аспекты оценки композиционного состава тела в клинической практике // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 34–39. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-34-39

DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-34-39

A.S. Samoylov¹, N.V. Rylova¹, A.V. Zholinskiy², E.V. Goloborodko¹, A.V. Bodrov¹, E.V. Kuznetsova³

Current Aspects of Assessing Body Composition in Clinical Practice

¹International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

²Federal scientific and clinical center for sports medicine and rehabilitation of the FMBA of Russia, Moscow

³Russian National Research Medical University named after. N. I. Pirogova

Contact person: Rylova Natal'ya Victorovna: rilovanv@mail.ru

Abstract

This article provides an overview of domestic and foreign literature on modern methods for analyzing body composition. Much attention is paid to the description of such common methods as the measurement of anthropometric parameters and bioimpedance analysis. We have noted that despite the low accuracy, anthropometry is still one of the most popular methods for an approximate assessment of nutritional status. It also discusses in detail the most commonly used laboratory methods, such as dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography and magnetic resonance imaging, which can provide accurate and comprehensive information about the composition of the human body. The need for body composition analysis exists in such areas of clinical medicine as dietetics, nephrology, combustiology, surgery, cardiology, anesthesiology and resuscitation, etc. It was concluded that, depending on the goals and objectives in a particular clinical situation, various research methods and their combinations can be used.

Keywords: body composition, bioimpedance analysis, anthropometry, dual-energy x-ray absorptiometry, computed tomography

For citation: Samoylov AS, Rylova NV, Zholinskiy AV, Goloborodko EV, Bodrov AV, Kuznetsova EV. Current Aspects of Assessing Body Composition in Clinical Practice. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.2:34-39 (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-34-39

Введение

Оптимальный состав человеческого тела является одним из ключевых факторов поддержания здоровья и хорошего самочувствия в течение долгих лет жизни. Оценка состава тела дает общее представление не только о пищевом статусе человека, но и о его функ-

циональных возможностях, что может быть полезно для диетологов, врачей-клиницистов, ученых и спортсменов. При этом оценка статуса питания имеет большое значение как на индивидуальном уровне, так и на уровне целых групп населения. Масштабное применение различных методов композиционного анализа

состава тела позволяет выявить наличие повышенного риска серьезных заболеваний, связанных с питанием, и своевременно принять меры по их лечению и профилактике. Установлено, что изменения в отдельных компонентах человеческого организма ассоциированы с такими социально значимыми нозологиями, как инфаркт, инсульт, диабет, некоторые виды злокачественных опухолей, остеопороз и остеоартрит [1]. С увеличением распространенности вышеописанных заболеваний возрастает потребность в удобных, чувствительных и точных методах анализа состава тела.

Для упрощения и систематизации знаний были сформированы модели состава тела. В зависимости от целей и задач наиболее часто применяются двух-, трех-, четырех- и многокомпонентные модели. Традиционной считается двухкомпонентная модель оценки состава тела, в основе которой лежит разделение на жировую массу тела (ЖМТ) и безжировую массу тела (БЖМТ). БЖМТ включает в себя практически все органы и ткани человека (скелетные мышцы, соединительная ткань и т.д.), в то время как ЖМТ отражает только общее количество жировой ткани [1]. Наиболее точными методами измерения ЖМТ и БЖМТ в соответствии с двухкомпонентной моделью являются денситометрия (подводное взвешивание), гидрометрия и плетизмография с вытеснением воздуха [2]. Трехкомпонентная модель включает в себя дополнительное измерение общего количества минералов в костях. Классическим примером трехкомпонентного анализа является двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА) [3]. В четырехкомпонентной модели состава тела БЖМТ дополнительно разделяется на общее количество воды и метаболически активную ткань. В клинической практике чаще всего используются трех- и четырехкомпонентные модели, что обусловлено их удобством с точки зрения врача-клинициста. Более сложные модели состава тела применяются в основном в клинических исследованиях, так как часто требуют использования нескольких методик и технологий, что является довольно трудоемким и затратным процессом.

Помимо классификации, основанной на количестве анализируемых компонентов, методы анализа состава тела можно разделить на полевые и лабораторные. К полевым методам относят такие недорогие и удобные в повседневной клинической практике способы исследования, как антропометрия и биоимпедансный анализ тела. Лабораторные методы в свою очередь включают в себя гидроденситометрию, плетизмографию с вытеснением воздуха, метод изотопного разбавления (гидрометрия), магнитно-резонансную томографию (МРТ), компьютерную томографию (КТ), позитронно-эмиссионную томографию в сочетании с КТ или МРТ (ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ), двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию, исследование естественной радиоактивности всего организма, спектроскопию ядерного магнитного резонанса (ЯМР-спектроскопия), ультразвуковое исследование (УЗИ), нейтронно-активационный анализ и т.д. [1, 4]. Данные способы анализа состава тела являются более слож-

ными в исполнении и дорогостоящими, а также требуют участия высококвалифицированных специалистов, что затрудняет их масштабное применение в клинической практике. Некоторые из этих методик являются инвазивными (гидрометрия), подвергающими пациента лучевой нагрузке (КТ, ПЭТ/КТ, ДРА), либо вызывающими психологический дискомфорт (гидроденситометрия), что также создает препятствия для их применения. Данный обзор сосредоточен на описании наиболее часто используемых и современных методов анализа состава тела и перспективах их применения в клинической практике.

Антропометрия

Измерение антропометрических характеристик является самым простым, неинвазивным и довольно информативным методом оценки нутритивного статуса пациента. Данный метод широко используется не только для выявления лиц из групп риска заболеваний, связанных с неправильным питанием, но и для мониторинга эффективности диетических мероприятий. Индекс массы тела (ИМТ) является наиболее часто используемым антропометрическим показателем. По результатам расчета ИМТ у взрослых людей выделяют 4 категории: низкий вес ($<18,5$ кг/м²), нормальный вес (от 18,5 до 25,0 кг/м²), избыточный вес (от 25,0 до 30 кг/м²) и ожирение (≥ 30 кг/м²) [5, 6]. Ввиду значительных этнических и расовых различий для азиатского населения были предложены более низкие пороговые значения ИМТ: диапазон от 23 до 27,5 кг/м² соответствует избыточной массе тела, а значения более 27,5 кг/м² позволяют предположить ожирение [7, 8]. Для определения нутритивного статуса по ИМТ у детей применяют центильные шкалы и величины стандартных отклонений (англ. Standart Devation Score - SDS). Избыточная масса тела диагностируется при получении значения ИМТ выше 85 перцентиля или величине SDS более + 1,0, в то время как ожирение соответствует значениям ИМТ более 95 перцентиля либо SDS более + 2,0 [9].

Помимо индекса массы тела из антропометрических показателей используются измерение окружностей тела и кожных складок. Окружность талии используется у детей и взрослых в качестве величины, характеризующей количество висцеральной жировой ткани. Данный параметр измеряется с помощью нерастяжимой ленты в положении стоя во время выдоха в средней точке между нижней части грудной клетки и гребнем подвздошной кости. Пороговые значения кардиометаболического риска, предложенные для лиц европейских этнических групп, составляют ≥ 102 см для мужчин и ≥ 88 см для женщин [10]. Также часто используется параметр соотношения окружностей талии и бедер. Данное соотношение позволяет оценить распределение жировой ткани в верхней и нижней частях тела и таким образом дифференцировать гиноидное и андроидное ожирение. Неблагоприятный прогноз в отношении сердечно-сосудистого риска определяется при получении значений $\geq 1,0$ для мужчин и $\geq 0,85$ для женщин [1]. Исследование толщины кожных складок позволяет определить плотность тела и на этом основании сделать предположение о процентном содержании подкожной жировой ткани.

Для большей точности при данном обследовании рекомендуется использовать специализированные штангенциркули и проводить измерения не менее 2 раз. Толщину кожных складок чаще всего исследуют на таких участках, как бицепс, трицепс, подлопаточная и надподвздошная области. Однако иногда измерению также подвергаются кожные складки над брюшной полостью, передней частью бедра и голени. Полученные результаты обрабатываются с помощью уравнений Дарнина – Уомерсли, Сири или Деборы Керр. При использовании последнего уравнения в соответствии с протоколом ISAK (англ. International Society for the Advancement of Kinanthropometry) необходимы значения 10 окружностей тела (см), 6 диаметров (мм), 9 длин и сегментов (см) и 8 кожных складок (мм) [11].

Несмотря на удобство антропометрических методов, главными ограничивающими факторами их применения является низкая точность и зависимость от навыков специалиста. Именно поэтому в настоящее время большое распространение получают инструментальные методы анализа состава тела.

Биоимпедансный анализ

Биоимпедансный анализ (англ. Bioelectrical Impedance Analysis - BIA) является широко используемым методом оценки состава тела, который все чаще применяется в клинической практике и научных исследованиях. Это довольно современный, быстрый, неинвазивный и удобный способ диагностики, относительно низкая стоимость которого обуславливает его растущую популярность в медицинских учреждениях, физкультурно-оздоровительных центрах и т.д. Технология данного метода диагностики основана на пропускании электрического тока низкого уровня (800 мкА) через тело человека. При этом электрический ток легко протекает через мышечную ткань организма, которая в среднем на 73 % состоит из воды, в то время как жировая ткань, являясь одной из наименее гидратированной и бедной электролитами тканью в организме, вызывает значительное сопротивление прохождению электричества. Таким образом, люди с высокой долей безжировой массы тела при надлежащей гидратации имеют более высокую электропроводность, чем люди с большой долей жировой массы тела [12]. Устройства BIA определяют так называемый импеданс (Z), который характеризует полное электрическое сопротивление тканей. На основе значений импеданса и его составляющих оценивается количество общей воды, БЖМТ, ЖМТ, а также процентное содержание жировой ткани [13]. Важно понимать, что биоимпедансные анализаторы определяют количество БЖМТ не напрямую, а посредством оценки общего количества воды. Именно поэтому на точность результатов довольно сильно влияют состояния гипогидратации и гипергидратации, наличие регионарных отеков (лимфедема, воспалительные реакции) и беременность. Также к факторам, потенциально способным повлиять на результаты тестирования, относят непропорциональное телосложение, проведение теста непосредственно после тренировки или приема пищи, повышенная температура тела, неправильное размещение электродов и тестирование в период

овуляции [13, 14]. Отдельно стоит отметить, что на точность измерений влияет уравнение регрессии, используемое устройством BIA. Многие этих уравнений носят общий характер и мало специфичны для различных групп населения, что обуславливает вариативность измерений в зависимости от пола, возраста, этнической принадлежности, уровня ожирения и физической активности [12].

В настоящий момент на рынке представлено большое количество моделей устройств BIA, которые классифицируются по нескольким признакам: по частоте применяемого тока (одночастотные, многочастотные, биоимпедансная спектроскопия), по объекту измерений (интегральные, локальные и полисегментные), по схемам наложения электродов («рука к руке», «рука к ноге», «нога к ноге» и прямое сегментарное), по тактике измерений (эпизодические и мониторинговые) [13, 15]. Одночастотные анализаторы используют электрический ток на одной фиксированной частоте 50 кГц, в то время как многочастотные приборы способны генерировать ток на двух и более частотах. Главной особенностью многочастотных анализаторов является способность определять фактическое количество внутри- и межклеточной жидкости. Было исследовано, что на низких частотах (1–5 кГц) электрический ток не проникает через клеточную мембрану, поэтому предполагается, что значения импеданса с использованием низкочастотного переменного тока отражают содержание внеклеточной жидкости. И наоборот, при более высоких частотах (> 50 кГц) ток проходит через мембраны клеток и способен предоставить информацию как о внутриклеточных, так и внеклеточных жидкостных компартментах [2]. Также при помощи многочастотных анализаторов можно провести сегментарный анализ тела, что позволяет более подробно изучить распределение мышечной и жировой тканей организма и выявить скрытые отеки в нижних конечностях [16]. Дальнейшим развитием технологии анализа состава тела на основе измерения импеданса является биоимпедансная спектроскопия. При данном типе исследования используются не менее 50 различных частот электрического тока в диапазоне от 1 кГц до 1200 кГц, что дает возможность наиболее точно оценить большинство клинически значимых параметров состава тела [16].

К другим важным электрическим характеристикам биоимпедансного анализа состава тела, помимо непосредственно значения импеданса и его составляющих, относятся резистивный индекс и фазовый угол. Резистивный индекс является довольно точным показателем, отражающим количество мышечной массы конечностей [17]. Фазовый угол в свою очередь предоставляет информацию о состоянии гидратации и количестве клеточной массы организма, являясь при этом маркером общего здоровья тела человека. Значения данного показателя снижаются при многих хронических заболеваниях (ХОБЛ, цирроз печени, онкологические заболевания и т.д.), воспалении различной локализации, недоедании, ожирении и длительной гиподинамии [18]. У пожилых людей фазовый угол является независимым предиктором

таких клинически неблагоприятных исходов, как инвалидность и смертность [19]. Нормальные значения фазового угла у взрослых здоровых людей составляют от 6° до 7° , в то время как у спортсменов данный показатель может достигать величины $8,5^\circ$ и выше. Значения фазового угла менее 5° указывают на нарушение клеточной целостности и диктуют необходимость более глубокого обследования пациента [2].

Биоимпедансный анализ состава тела применяется во многих областях клинической медицины. Значения ЖМТ и БЖМТ и их контроль в динамике необходимы специалистам в области диетологии и эндокринологии для определения нутритивного статуса пациента и мониторинга эффективности диетических мероприятий при лечении ожирения и диабета [13]. Способность многочастотных устройств ВИА точно оценивать количество внутри- и внеклеточной жидкости используется в нефрологии (лечение хронической почечной недостаточности, мониторинг эффективности гемодиализа), комбустиологии, хирургии, кардиологии (мониторинг периферических и легочных отеков, контроль эффективности терапии диуретиками), анестезиологии и реаниматологии (контроль инфузионно-трансфузионной терапии) [20]. Значения фазового угла также полезны для диагностики саркопении и прогнозирования выживаемости пожилых пациентов и онкологических больных [19, 20].

Таким образом, биоимпедансный анализ является удобным и недорогим средством мониторинга состава тела человека, что обуславливает его растущую популярность среди специалистов различного профиля. На данном этапе наиболее современные устройства ВИА разработаны по принципу многочастотности, что значительно повышает точность исследования и расширяет возможности метода. Однако несмотря на преимущества технологии биоимпеданса и ее распространенность, у данного способа оценки состава тела существуют довольно значительные недостатки, к которым в первую очередь относятся снижение точности исследования при нарушении водно-электролитного баланса и вариативность измерений в зависимости от используемого устройства и индивидуальных характеристик пациента (пол, возраст, этническая принадлежность, уровень ожирения и физической активности).

Лабораторные методы

Гидростатическое взвешивание (или гидроденситометрия) — это основополагающий метод определения состава тела, который десятилетиями считался «золотым стандартом» для оценки ЖМТ и БЖМТ. Данный способ оценки состава тела основан на законе Архимеда, который гласит, что погруженное в воду тело выталкивается противодействующей силой, равной весу вытесненной воды. При этом чем больше количество жировой ткани и меньше мышечная масса, тем большие силы противодействия будут влиять на тело человека при погружении в воду. Данный факт обусловлен большей плотностью мышечной ткани по сравнению с жировой [1]. Во время процедуры

гидроденситометрии точно измеряется масса тела человека и его объем, что позволяет рассчитать общую плотность. Используя параметр плотности с помощью соответствующих уравнений рассчитываются значения ЖМТ и БЖМТ. При этом для получения точных результатов при применении данного метода необходимо учитывать количество воздуха, присутствующего в легких и желудочно-кишечном тракте во время измерения, что довольно затруднительно. Также к ограничениям метода относят значительную трудоемкость и длительность исследования, дискомфорт для человека и высокую стоимость оборудования [21]. Альтернативой гидростатическому взвешиванию является плетизмография с вытеснением воздуха. С помощью данного метода также измеряется плотность тела, однако процедура исследования занимает меньше времени и гораздо более удобна для пациентов. В настоящее время плетизмография с вытеснением воздуха является одной из немногих коммерчески доступных технологий, позволяющей точно оценивать состав тела новорожденных [4].

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия является «золотым стандартом» диагностики остеопороза. Также с помощью этого метода можно оценить количество мышечной и жировой ткани в различных областях тела [22, 23]. К преимуществам ДРА относятся быстрота выполнения, низкое радиационное воздействие (от $0,1$ до 75 мкЗв в зависимости от производителя, модели и используемого режима сканирования) и отсутствие необходимости специальной подготовки со стороны пациента. При этом метод ДРА предполагает постоянный уровень гидратации мягких тканей, что может повлиять на точность исследования при наличии у пациента регионарных отеков, гипо- и гипергидратации [24, 25].

Большого внимания заслуживает рассмотрение способов оценки состава тела, основанных на технологиях визуализации. Такие методы как компьютерная томография и магнитно-резонансная томография считаются наиболее точными средствами количественной оценки состава тела на уровне органов и тканей [1]. С помощью КТ можно получить трехмерное объемное изображение различных частей тела в высоком разрешении, однако на практике чаще проводится двухмерный анализ осевых срезов тела, что обусловлено необходимостью минимизации дозы облучения. Было показано, что исследование осевых срезов на уровне третьего поясничного позвонка может предоставить информацию об общем количестве мышечной и жировой ткани во всем теле [26]. На основе анализа паравертебральной мышечной ткани по данным срезам и информации о росте человека можно рассчитать индекс скелетной мускулатуры (англ. skeletal muscle index - SMI). Значения данного индекса менее $41,2$ см²/м² для пациентов обоих полов отражают значимую потерю мышечной ткани, что ассоциировано с неблагоприятным прогнозом [27]. К преимуществам метода КТ относят высокую точность, способность дифференцировать подкожную

и висцеральную жировую ткань, а также возможность выявить жировую инфильтрацию мышечной ткани и печени. К недостаткам можно отнести высокую стоимость, относительно высокий уровень облучения (для КТ позвоночника в среднем 6000 мкЗв), низкую практичность и высокие требования квалификации для специалистов-рентгенологов [28]. В отличие от приборов КТ, которые используют ионизирующее излучение для получения изображения, аппараты МРТ совершенно безвредны. Таким образом, высокий профиль безопасности метода МРТ позволяет проводить исследование даже у новорожденных детей. При этом отсутствие лучевой нагрузки предоставляет возможность провести полное сканирование тела с созданием трехмерной объемной модели. Для анализа результатов можно использовать программы автоматической сегментации изображения, которые позволяют быстро и точно оценить содержание жировой и мышечной тканей в различных частях тела [29]. К ограничениям метода МРТ относятся высокая стоимость оборудования и необходимость сохранять полную неподвижность в течение достаточно продолжительного исследования (средняя длительность процедуры составляет от 20 минут до 2 часов).

К визуализирующим методикам анализа состава тела можно отнести метод ультразвукового исследования. С помощью УЗИ можно оценить количество подкожной, внутрибрюшной и брыжеечной жировой ткани, а также определить толщину жира в параренальной клетчатке и в эпикарде. Одним из значимых ультразвуковых параметров ожирения является индекс жира брюшной стенки (англ. Abdominal wall fat index – WFI). Данный индекс рассчитывается как отношение толщины предбрюшинного жира (расстояние между передней поверхностью брюшины, покрывающей печень, до задней поверхности белой линии) к минимальной толщине подкожно-жировой клетчатки в области эпигастрия. На основании индекса WFI ожирение можно разделить на висцеральный (WFI >1) и подкожный (WFI <1) тип. Также УЗИ используется для оценки состояния мышечной ткани и диагностики саркопении. При этом чаще всего исследованию подвергается область четырехглавой мышцы бедра [28, 30].

Существует большое количество методов оценки состава тела, которые редко применяются в клинической практике вследствие большой стоимости и непрактичности, однако являются незаменимыми при проведении научных исследований. «Золотым стандартом» оценки общего количества воды в организме является метод гидрометрии. Для неинвазивной оценки содержания белка в организме и определения общего количества клеточной массы применяется исследование естественной радиоактивности всего организма. Нейтронный активационный анализ используется для анализа состава тела на элементарном уровне. Данный метод позволяет точно измерить общее содержание в организме таких элементов как кальций, натрий, хлор, фосфор, азот, водород, кислород и углерод [4]. ПЭТ-сканирование (ПЭТ/КТ,

ПЭТ/МРТ) используется для выявления областей с высокой метаболической активностью. Технология ПЭТ/КТ с фтордезоксиглюкозой в качестве индикатора в настоящее время рассматривается как «золотой стандарт» для обнаружения депо бурой жировой ткани в организме. Важность бурой жировой ткани объясняется ее протективным воздействием на организм человека при ожирении и сердечно-сосудистых заболеваниях [31]. ЯМР-спектроскопия применяется для измерения количества внутрипеченочных липидов, внутримиоцеллюлярных липидов (англ. intramyocellular lipid - IMCL) и внемиоцеллюлярных липидов (англ. extramyocellular lipid - EMCL) в мышечных волокнах. Было показано, что физическая активность и общая физическая форма связаны с повышением содержания IMCL, в то время как у людей с избыточным весом или ожирением наблюдается повышение количества EMCL. Также было исследовано, что увеличение соотношения EMCL/IMCL в мышцах связано с повышенной жесткостью артерий у взрослых людей [4, 32].

Весьма перспективным методом анализа состава тела является цифровая антропометрия. Трехмерные (3D) сканеры тела и приложения для анализа цифровых изображений на смартфонах позволяют быстро и безопасно оценить объемы, размеры и окружности тела в различных анатомических областях. Использование 3D-сканеров может послужить альтернативой более трудоемким и затратным способам анализа состава тела, однако на данный момент в связи с новизной этих устройств и приложений необходимы дальнейшие исследования, которые позволят рекомендовать данный метод для применения у различных групп населения [33, 34].

Заключение

В настоящее время исследование состава тела является важным направлением современной медицины. Различные методы диагностики, направленные на количественное и качественное определение составных компонентов человеческого тела, используются в таких клинических областях, как диетология, нефрология, комбустиология, хирургия, кардиология, анестезиология и реаниматология и т.д. Существующая классификация разделяет все методы анализа состава тела на полевые (антропометрия, биоимпедансный анализ) и лабораторные (МРТ, КТ, УЗИ, гидроденситометрия, плетизмография с вытеснением воздуха, гидрометрия). Для достижения поставленных целей в разных клинических ситуациях могут применяться различные способы исследования состава тела. Антропометрический метод, несмотря на низкую точность, широко применяется для ориентировочной оценки нутритивного статуса. Биоимпедансный анализ показал свою эффективность для диагностики и мониторинга состояний, связанных с нарушением гидратации. Метод двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии незаменим для количественной оценки минеральной плотности костей при лечении остеопороза. Визуализирующие методики (КТ, МРТ, УЗИ) используются в ситуациях, когда

необходима максимальная точность исследования. Такие методы диагностики, как гидрометрия, нейтронный активационный анализ, ПЭТ-сканирование и другие, наиболее часто применяются при проведении научных исследований. Их активное ис-

пользование в клинической практике ограничено сложностью проведения, высокой стоимостью и другими факторами. Также важно отметить, что весьма перспективным методом анализа состава тела является цифровая антропометрия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

- Kuriyan R. Body Composition Techniques. *Indian J Med Res.* 2018;148;5:648-658. doi:10.4103/ijmr.IJMR_1777_18.
- Marra M., Sammarco R., De Lorenzo A., et al. Assessment of Body Composition in Health and Disease Using Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DXA): a Critical Overview. *Contrast Media Mol Imaging.* 2019. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6560329/>
- Strydom K., Van Niekerk E., Dhansay M.A. Factors Affecting Body Composition in Preterm Infants: Assessment Techniques and Nutritional Interventions. *Pediatr Neonatol.* 2019;60;2: 121-128. doi: 10.1016/j.pedneo.2017.10.007.
- Lemos T., Gallagher D. Current Body Composition Measurement Techniques. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2017;24;5:310-314. doi: 10.1097/MED.0000000000000360.
- Morais S.S., Ide M., Morgan A.M., et al. A Novel Body Mass Index Reference Range – an Observational Study. *Clinics (Sao Paulo).* 2017;72;11:698-707. doi: 10.6061/clinics/2017(11)09.
- Liu B., Du Y., Wu Y., et al. Trends in Obesity and Adiposity Measures by Race or Ethnicity among Adults in the United States 2011-18: Population Based Study. *BMJ.* 2021;372:n365. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7961695/>.
- Васюкова О.В. Ожирение у детей и подростков: критерии диагноза // Ожирение и метаболизм. 2019. Т.16. №1. С. 70-73 [Vasyukova O.V. Obesity in Children and Adolescents: Diagnostic Criteria. *Ozhireniye i Metabolizm = Obesity and Metabolism.* 2019;16;1:70-73 (In Russ.).] doi: 10.14341/omet10170.
- Ross R., Neeland J.J., Yamashita S., et al. Waist Circumference as a Vital Sign in Clinical Practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. *Nat Rev Endocrinol.* 2020;16;3:177-189.
- Arias Téllez M.J., Carrasco F., España Romero V., et al. A comparison of Body Composition Assessment Methods in Climbers: Which is Better? *Plos One* 2019;14;11:e0224291.
- Holmes C.J., Racette S.B. The Utility of Body Composition Assessment in Nutrition and Clinical Practice: an Overview of Current Methodology. *Nutrients.* 2021;13;8:2493.
- Гирш Я.В., Герасимчик О.А. Роль и место биоимпедансного анализа в оценке состава тела детей и подростков с различной массой тела // Бюллетень сибирской медицины. 2018. Т.17. №2. С. 121-132 [Girsh Ya.V., Gerasimchik O.A. The Role and Place of Bioimpedance Analysis in Assessing the Body Composition of Children and Adolescents with Different Body Weights. *Byulleten' Sibirskoy Meditsiny = Bulletin of Siberian Medicine.* 2018;17;2:121-132 (In Russ.).] doi: 10.20538/1682-0363-2018-2-121-132.
- Borga M., West J., Bell J.D., et al. Advanced Body Composition Assessment: from Body Mass Index to Body Composition Profiling. *J Investig Med.* 2018;66;5:1-9. doi: 10.1136/jim-2018-000722.
- Campana F., Toselli S., Mazzilli M., et al. Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients.* 2021;13;5:1620. doi: 10.3390/nu13051620.
- Mundi M.S., Patel J.J., Martindale R. Body Composition Technology: Implications for the ICU. *Nutr Clin Pract.* 2019;34;1:48-58. doi: 10.1002/ncp.10230.
- De Rui M., Veronese N., Bolzetta F., et al. Validation of Bioelectrical Impedance Analysis for Estimating Limb Lean Mass in Free-Living Caucasian Elderly People. *Clin Nutr.* 2017;36;2:577-584. doi: 10.1016/j.clnu.2016.04.011.
- Di Vincenzo O., Marra M., Di Gregorio A., et al. Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) – Derived Phase Angle in Sarcopenia: a Systematic Review. *Clin Nutr.* 2021;40;5:3052-3061. doi: 10.1016/j.clnu.2020.10.048.
- Genton L., Herrmann F.R., Spörri A., et al. Association of Mortality and Phase Angle Measured by Different Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) Devices. *Clin Nutr.* 2018;37;3:1066-1069. doi: 10.1016/j.clnu.2017.03.023.
- Khalil S.F., Mohktar M.S., Ibrahim F. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases. *Sensors (Basel).* 2014;14;6:10895-10928. doi: 10.3390/s140610895.
- Gibby J.T., Njeru D.K., Cvetko S.T., et al. Whole-Body Computed Tomography-Based Body Mass and Body Fat Quantification: a Comparison to Hydrostatic Weighing and Air Displacement Plethysmography. *J Comput Assist Tomogr.* 2017;41;2:302-308. doi: 10.1097/RCT.0000000000000516.
- Jain R.K., Vokes T. Dual-energy X-ray Absorptiometry. *J Clin Densitom.* 2017;20;3:291-303. doi: 10.1016/j.jocd.2017.06.014.
- Kasper A.M., Langan-Evans C., Hudson J.F., et al. Come Back Skin-folds, All is Forgiven: a Narrative Review of the Efficacy of Common Body Composition Methods in Applied Sports Practice. *Nutrients.* 2021;13;4:1075. doi: 10.3390/nu13041075.
- Fosbøl M.Ø., Zerahn B. Contemporary Methods of Body Composition Measurement. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015;35;2:81-97.
- Toledo D.O., Carvalho A.M., Oliveira A., et al. The Use of Computed Tomography Images as a Prognostic Marker in Critically Ill Cancer Patients. *Clin Nutr ESPEN.* 2018;25:114-120.
- Ceniccola G.D., Castro M.G., Piovacari S.M.F., et al. Current Technologies in Body Composition Assessment: Advantages and Disadvantages. *Nutrition.* 2019;62:25-31.
- Middleton M.S., Haufe W., Hooker J., et al. Quantifying Abdominal Adipose Tissue and Thigh Muscle Volume and Hepatic Proton Density Fat Fraction: Repeatability and Accuracy of an MR Imaging-Based, Semiautomated Analysis Method. *Radiology.* 2017;283;2:438-449. doi: 10.1148/radiol.2017160606.
- Ponti F., De Cinque A., Fazio N., et al. Ultrasound Imaging, a Stethoscope for Body Composition Assessment. *Quant Imaging Med Surg.* 2020;10;8:1699-1722. doi: 10.21037/qims-19-1048.
- Franssens B.T., Hoogduin H., Leiner T., et al. Relation Between Brown Adipose Tissue and Measures of Obesity and Metabolic Dysfunction in Patients with Cardiovascular Disease. *J Magn Reson Imaging.* 2017;46;2:497-504. doi: 10.1002/jmri.25594. Epub 2017 Jan 27.
- Hasegawa N., Kurihara T., Sato K., et al. Intramyocellular and Extramyocellular Lipids Are Associated with Arterial Stiffness. *Am J Hypertens.* 2015;28;12:1473-1479. doi: 10.1093/ajh/hpv041. Epub 2015 Apr 24.
- Tinsley G.M., Moore M.L., Benavides M.L., et al. 3-Dimensional Optical Scanning for Body Composition Assessment: a 4-Component Model Comparison of four Commercially Available Scanners. *Clin Nutr.* 2020;39;10:3160-3167.
- Heymsfield S.B., Bourgeois B., Ng B.K. et al. Digital Anthropometry: A Critical Review. *Eur J Clin Nutr.* 2018;72;5:680-687. doi: 10.1016/j.clnu.2020.02.008. Epub 2020 Feb 15.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 11.01.2025. **Принята к публикации:** 15.02.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 11.01.2025. **Accepted for publication:** 15.02.2025

Н.В. Рылова, Н.В. Аксенова

**ИЗМЕНЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ
НА ФОНЕ ИНТЕНСИВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Рылова Наталья Викторовна: rilovanv@mail.ru

Резюме

Цель: обобщение и анализ современных данных о влиянии интенсивных физических нагрузок на сердечно-сосудистую систему спортсменов.

Материал и методы: выполнен анализ данных отечественной и зарубежной литературы о влиянии занятий профессиональным спортом на сердечно-сосудистую систему и продолжительность жизни атлетов. Поиск проводился с использованием электронных баз данных MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, eLIBRARY, PubMed и Google Академия за период с 2014 г. по 2024 г. Для поиска мы использовали ключевые слова и их сочетания: «физическая активность», «спортсмены», «сердечно-сосудистые заболевания».

Результаты: несмотря на сообщения о неблагоприятном воздействии чрезмерных физических нагрузок на организм человека, последние данные свидетельствуют о том, что профессиональные спортсмены в среднем живут дольше, чем люди, не занимающиеся спортом. При этом интенсивные занятия спортом ассоциированы со значительными изменениями деятельности сердечно-сосудистой системы. Было показано, что у атлетов, занимающихся видами спорта на выносливость, наблюдается повышенная частота выявления нарушений ритма и проводимости (фибрилляция и трепетание предсердий, желудочковая тахикардия, атриовентрикулярные блокады, удлинение интервала QT и т.д.). Кроме того, у профессиональных спортсменов велика вероятность развития структурных изменений сердца. Существуют данные о том, что атлеты, занимающиеся силовыми и игровыми видами спорта, имеют более высокий уровень артериального давления и чаще страдают от гипертензии, чем атлеты аэробных дисциплин. Также у спортсменов силовых видов спорта наблюдается повышенный риск развития дилатации аорты, что может приводить к аортальной регургитации.

Ключевые слова: физическая активность, спортсмены, сердечно-сосудистые заболевания

Для цитирования: Рылова Н.В., Аксенова Н.В. Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы на фоне интенсивных физических нагрузок // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 40–45. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-40-45

N.V. Rylova, N.V. Aksenova

Changes in the Activity of the Cardiovascular System Against the Background of Intense Physical Exertion

International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Rylova Natal'ya Victorovna: rilovanv@mail.ru

Abstract

Purpose: to provide up-to-date data on the life expectancy of athletes, as well as to study the effect of intense physical activity on the cardiovascular system of an athlete.

Material and methods: the data of domestic and foreign literature on the impact of professional sports on the cardiovascular system and life expectancy of athletes were analyzed. The search was carried out using electronic databases MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, eLIBRARY, PubMed and Google Academy for the period from 2014 to 2024. For the search, we used keywords and their combinations: “physical activity”, “athletes”, “cardiovascular diseases”.

Results: despite reports of the dangers of excessive physical activity on the human body, recent evidence suggests that professional athletes, on average, live longer than non-athletes. At the same time, intensive sports activities are associated with significant changes in the activity of the cardiovascular system. It has been shown that athletes involved in endurance sports have an increased incidence of arrhythmia and conduction disorders (atrial fibrillation, ventricular tachycardia, atrioventricular blockade, QT prolongation, etc.). In addition, professional athletes are more likely to develop structural changes in the heart. There is evidence that athletes involved in strength and team sports have higher blood pressure levels and more often suffer from prehypertension and hypertension than athletes in aerobic disciplines. Also, athletes of strength sports have an increased risk of developing aortic dilatation, which can lead to aortic regurgitation.

Keywords: physical activity, athletes, cardiovascular disease

For citation: Rylova NV, Aksenova NV. Changes in the Activity of the Cardiovascular System Against the Background of Intense Physical Exertion. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.2:40-45. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-40-45

Введение

Низкая физическая активность и ожирение являются одними из основных факторов, приводящих к снижению продолжительности жизни и инвалидности. Отсутствие физической активности формирует повышенный риск развития сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, ответственных за наибольшее количество смертей во всем мире [1]. В настоящее время доказано, что увеличение ежедневной активности на единицу максимального метаболического эквивалента рабочей нагрузки (MET) снижает вероятность смертности от сердечно-сосудистых заболеваний на 15% [2]. В другом исследовании сообщается об уменьшении заболеваемости раком и смертности от всех причин в группе физически активных людей по сравнению с контролем [3]. При этом данная взаимосвязь сохранялась даже после учета таких факторов, как курение, потребление алкоголя, увеличенное соотношение окружности талии и бедер и низкое социально-экономическое положение, что подчеркивает важность физических упражнений для профилактики рака.

Несмотря на пользу, связанную с регулярными занятиями физкультурой, существует множество доказательств того, что физические нагрузки, превышающие определенные пороговые значения объема и интенсивности, несут потенциальную угрозу для здоровья. Данная проблема особенно актуальна для профессиональных спортсменов, тренировочный график которых включает чрезвычайно интенсивные занятия и жесткий распорядок дня. Кроме того, спортсмены во время соревнований подвергаются значительному психологическому давлению, что также имеет негативные последствия для здоровья.

Спорт и продолжительность жизни

Физические упражнения положительно влияют практически на все органы и системы человеческого организма, обладают уникальной способностью улучшать физическое и психическое самочувствие. Именно поэтому поддержание физической активности — один из лучших способов сохранить здоровье и увеличить продолжительность жизни. Было показано, что ожидаемая продолжительность жизни физически активных людей в среднем на восемь лет больше, чем у людей, ведущих малоподвижный образ жизни [4]. Однако на данный момент нет конкретных данных об оптимальном уровне физической активности для получения максимальной пользы для здоровья. В одном относительно давнем исследовании было показано, что уровень смертности снижается по мере увеличения энергии, затрачиваемой на физическую активность, в диапазоне от 500 до 3500 ккал в неделю. Однако авторы отметили, что при тренировках с энергозатратами свыше 3500 ккал в неделю наблюдается ослабление положительного влияния физической активности на показатели скорректированного по возрасту риска смерти [5]. В дальнейшем другие исследователи сообщили об аналогичных результатах, предполагающих, что, вероятно, существует верхний порог интенсивности физических упражнений, при превышении которого

наблюдается увеличение риска смерти [6]. В частности, сообщалось, что в течение двухлетнего периода наблюдения немецкие марафонцы-любители имели одинаковую частоту сердечно-сосудистых событий по сравнению с популяцией с установленной ишемической болезнью сердца [7]. В другом исследовании авторы показали, что у бегунов начального и среднего уровня, риск смерти был ниже по сравнению с бегунами высокого уровня [8]. Таким образом, риск сердечно-сосудистых заболеваний и преждевременной смертности снижается дозозависимым образом до тех пор, пока не будет превышен порог физической активности.

Однако, несмотря на свидетельства вышеописанных исследований о негативном влиянии чрезмерных физических нагрузок на показатели риска смерти, профессиональные спортсмены в среднем живут дольше, чем люди, не занимающиеся спортом. В исследовании, включающем 8124 олимпийцев, было показано, что спортсмены прожили на 5,1 года дольше, чем население в целом [9]. Увеличение продолжительности жизни атлетов обуславливалось более низкой частотой сердечно-сосудистых, респираторных, эндокринных, метаболических и опухолевых заболеваний по сравнению с группой контроля. При этом частота встречаемости заболеваний нервной системы (болезни Альцгеймера и Паркинсона) и психических заболеваний (деменция) не различались между группами. В недавнем метаанализе, посвященном исследованию взаимосвязи между длительными интенсивными тренировками, здоровьем и смертностью у элитных спортсменов, авторы также продемонстрировали более низкий уровень смертности как от сердечно-сосудистых заболеваний, так и от рака у спортсменов по сравнению с группой контроля [10]. Однако стоит отметить, что в данных работах не проводилась стратификация по видам спорта. Следовательно, важность типов тренировок и характера спортивных нагрузок в отношении риска заболеваемости и смертности в значительной степени еще предстоит изучить.

На данный момент установлено, что по сравнению с представителями аэробных дисциплин атлеты, занимающиеся силовыми видами спорта, имеют повышенный индекс массы тела (ИМТ), который является независимым фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний в будущем [11]. Кроме того, тренировки на выносливость снижают концентрацию в крови ряда ключевых воспалительных маркеров и могут уменьшить риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний [12]. Также было обнаружено, что уровни артериального давления, одного из главных показателей, влияющих на продолжительность жизни, сильно различаются у спортсменов, занимающихся разными видами спорта. В нескольких исследованиях сообщалось, что спортсмены, занимающиеся тяжелой атлетикой, греблей и американским футболом, имеют более высокий уровень АД и чаще страдают от гипертонии по сравнению со спортсменами, занимающимися аэробными дисциплинами [13]. При этом распространенность гипертонии в данных группах

атлетов колебалась от 8,8 до 25,6%. К возможным причинам повышения артериального давления у спортсменов силовых и игровых видов спорта можно отнести высокий индекс массы тела, частые стрессы, хроническое злоупотребление запрещенными препаратами, пищевыми добавками или НПВП [14]. В отношении артериального давления также важен фактор пола: гипертония чаще встречается у спортсменов-мужчин [13].

Таким образом, несмотря на то, что спортсмены в среднем живут дольше, чем население в целом, существует необходимость дальнейшего изучения факторов, которые могут ослабить положительный эффект физических нагрузок на здоровье атлета.

Аритмический синдром у спортсменов

Интенсивные физические нагрузки ассоциированы с возникновением ряда адаптаций сердечно-сосудистой системы. Данные адаптации включают в себя увеличение камер сердца, оптимизацию функции миокарда, повышение эластичности сердца и артерий, синусовую брадикардию, а у некоторых спортсменов - увеличение интервала PR и блокаду правой ножки пучка Гиса [15]. Было показано, что у атлетов, занимающихся видами спорта на выносливость, наблюдается повышенный риск фибрилляции предсердий (ФП). При этом сообщается о пятикратном увеличении частоты ФП по сравнению с контрольной группой, ведущей малоподвижный образ жизни, что позволяет считать данный вид аритмии одним из характерных признаков перегрузки сердца [16]. Важно отметить, что только высокие объемы упражнений связаны с повышенным риском ФП, тогда как умеренные дозы физической активности наоборот эффективны для предотвращения развития ФП с возрастом. Было установлено, что увеличение физической активности на 1 метаболическую единицу в день связано с уменьшением риска возникновения ФП на 7% [16]. Однако интенсивные занятия более 10 часов в неделю увеличивают риск развития ФП по сравнению с малоподвижной группой [17].

Помимо ФП у атлетов аэробных видов спорта нередко случаи выявления других нарушений ритма и проводимости (желудочковая тахикардия, атриоventрикулярные блокады, удлинение интервала QT, аритмогенная дисплазия и т.д.). В одном исследовании было показано, что в группе бывших профессиональных велосипедистов распространенность желудочковой тахикардии была в пять раз выше по сравнению с группой мужчин старшего возраста, ведущих малоподвижный образ жизни [18]. На данный момент неясно, являются ли желудочковые тахикардии доброкачественным состоянием или заболеванием, которое может нести риски для здоровья спортсмена. Именно поэтому для прогнозирования влияния данной патологии на организм атлета необходимы дальнейшие исследования. Возможными причинами тахикардии у спортсменов высокого уровня являются чрезмерная симпатическая активность и гиперкатехоламинемия, повышенный окислительный стресс, миокардиальный фиброз, электролитные нарушения [16]. В целом можно

утверждать, что неблагоприятные структурные изменения в желудочках и предсердиях, вызванные длительными напряженными тренировками, создают субстрат для развития и прогрессирования проаритмогенного состояния.

Брадикардия обычно наблюдается у тренированных спортсменов и интерпретируется как нормальное явление. Она может сохраняться до 10 лет после окончания спортивной карьеры. Точно так же атриоventрикулярная блокада первой степени и атриоventрикулярная блокада второй степени 1-го типа считаются нормальными у хорошо тренированных спортсменов при отсутствии симптомов и с регрессом во время нагрузки [19]. Однако некоторые данные свидетельствуют о том, что бывшие спортсмены по сравнению с контрольной группой того же возраста демонстрируют значительно более высокую частоту нарушений проводимости и гемодинамически значимых асистолических пауз, требующих имплантации кардиостимулятора [20]. Обычно эти электрические изменения у спортсменов считаются следствием повышенного тонуса блуждающего нерва, однако в ряде случаев они сохраняются даже при полной фармакологической блокаде вегетативной нервной системы. Совсем недавно в моделях на животных было продемонстрировано, что электрофизиологическое ремоделирование синусовых и атриоventрикулярных узлов происходит из-за индуцированного физической нагрузкой снижения плотности некоторых ионных каналов [19].

Некоторые нарушения реполяризации желудочков считаются нормальными у спортсменов высокого уровня. К таким нарушениям относится некоторая степень удлинения интервала QT, которая является умеренной и не связана напрямую с синдромом удлиненного интервала QT [19]. Таким образом пороговые значения для определения удлинения интервала QT у спортсменов выше, чем рекомендуемые для населения в целом. Однако недавно было описано новое состояние, так называемый «связанный со спортом синдром удлинения интервала QT». У спортсменов, страдающих данной патологией, развивается заметное удлинение интервала QT с изменениями зубца T (зазубренная и двухфазная морфология зубца T). Данные нарушения на ЭКГ сходны с отклонениями, которые наблюдаются у пациентов, страдающих генетически или лекарственно обусловленным синдромом удлиненного интервала QT. При этом связанный со спортом синдром удлинения интервала QT характеризуется бессимптомным течением, отсутствием семейного анамнеза, отрицательным генетическим тестированием, а также полной нормализацией ЭКГ после прекращения тренировки [21]. Возможными механизмами развития данного состояния могут являться подавление реполяризующих калиевых каналов и увеличение внутриклеточного высвобождения кальция при интенсивных занятиях спортом, а также неизвестные генетические мутации [19]. Хотя известно, что вызванный лекарствами синдром удлиненного интервала QT коррелирует с опасными для жизни аритмиями (в первую очередь пиретная тахикардия и фибрилляция желудочков),

связанное со спортом удлинение интервала QT является более доброкачественным состоянием. Необходимы дальнейшие исследования, направленные на изучение данной патологии, стратификации риска возникновения аритмий и необходимости назначения лекарственной терапии.

В настоящее время существует предположение, что интенсивные и продолжительные тренировки на выносливость могут вызывать индуцированную физическими упражнениями аритмогенную кардиомиопатию. Существуют данные, свидетельствующие о том, что у некоторых атлетов повторные повреждения правого желудочка после интенсивных упражнений могут не полностью восстанавливаться и приводить к аритмогенной кардиомиопатии [22]. Исследования генотипа показали, что случаи кардиомиопатии у атлетов, занимающихся высокоинтенсивными упражнениями, как правило, не были связаны с генными мутациями [23]. Данный факт подтверждает ведущую этиологическую роль чрезмерной физической нагрузки в возникновении синдрома. Клинически аритмогенная кардиомиопатия характеризуется желудочковыми аритмиями и регионарными или глобальными нарушениями движения стенок желудочков [19]. Важно отметить, что данное состояние встречается довольно редко. При этом недавнее исследование продемонстрировало отсутствие долгосрочных неблагоприятных последствий ремоделирования правого желудочка в группе спортсменов высокого уровня [24]. Однако несмотря на редкость патологии, существует необходимость изучения конкретных механизмов возникновения аритмогенной кардиомиопатии. Также в свете риска развития потенциально опасных аритмий необходимо формирование скрининговых и диагностических стратегий, направленных на раннее выявление данного синдрома.

Структурные изменения сердечно-сосудистой системы

Существуют данные, свидетельствующие о том, что у профессиональных спортсменов наблюдается повышенный риск развития миокардиального фиброза [25]. Данное состояние представляет собой неспецифический ответ на различные повреждения сердца (острый инфаркт миокарда, миокардит, неконтролируемая гипертензия и дисфункция клапанов) и характеризуется накоплением коллагена во внеклеточном матриксе миокарда. Частота выявления миокардиального фиброза у спортсменов имеет прямую связь с количеством лет спортивной карьеры, числом завершенных марафонов и других соревнований на сверхвыносливость [16]. Совокупные данные исследований с применением МРТ сердца с гадолинием показали, что распространенность миокардиального фиброза у ветеранов-спортсменов, занимающихся аэробными видами спорта, составляет 12 %. Таким образом, показатель распространенности у спортсменов оказался в восемь раз выше, чем у лиц контрольной группы, выполнявших не больше минимальной нормы ежедневной физической активности, рекомендованной ВОЗ

[6]. При этом важно отметить, что данных о клинической значимости миокардиального фиброза в настоящее время крайне мало. В одном небольшом исследовании сообщалось об аномалиях движения стенок сердца, соответствующих фиброзным сегментам миокарда [26]. Также существуют свидетельства о связи фиброза сердца с увеличением частоты сердечно-сосудистых заболеваний, угрожающих жизни желудочковых аритмий и внезапной сердечной смерти [16, 19]. Установлено, что элитные спортсмены подвержены более высокому риску развития инфекционного миокардита, чем население в целом. Кроме того, показано, что интенсивная физическая активность может ухудшить патобиологическое течение как вирусного миокардита, так миокардита другой этиологии [19]. Физические упражнения оказывают различное воздействие на иммунную систему, которое зависит от интенсивности и продолжительности физической активности. В то время как умеренные тренировки могут улучшить иммунологическую защиту, интенсивные и длительные нагрузки отрицательно влияют на иммунитет. Негативные изменения защитных функций организма включают в себя нарушение функционирования Т-лимфоцитов, снижение уровня секреторного иммуноглобулина А и лизоцима в слюне. Данные факторы повышают восприимчивость спортсменов к инфекциям, приводящим к развитию миокардита [27].

Важно рассмотреть влияние характера физической активности на течение инфекционного миокардита. В недавнем исследовании было выявлено, что у спортсменов силовых видов спорта более часто наблюдается осложненное течение миокардита. И наоборот, у спортсменов, занимающихся аэробными дисциплинами, заболевание чаще протекает без осложнений [28]. Данная закономерность возможно объясняется тем, что силовой спорт вызывает усиление клеточного иммунитета и увеличивает цитотоксическое повреждение тканей при воспалении.

Последние исследования показали, что интенсивные тренировки на выносливость, по-видимому, существенно увеличивают вероятность возникновения кальцификации коронарных артерий – достоверного предиктора риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [16]. Было показано, что атлеты, занимающиеся видами спорта на выносливость, имеют повышенный риск развития кальцификации коронарных артерий и их стеноза по сравнению с контрольной группой, ведущей малоподвижный образ жизни [29]. Также сообщается, что у бывших профессиональных спортсменов примерно в два раза выше вероятность наличия атеросклеротических бляшек, чем у здоровых людей, не занимающихся спортом [30]. Однако у атлетов, как правило, намного меньше риск возникновения нестабильных бляшек, ответственных за возникновение инфаркта миокарда [29]. В совокупности эти данные свидетельствуют о том, что очень интенсивная физическая активность связана с повышенным риском развития коронарной кальцификации, но при этом

также ассоциирована с возникновением структурно благоприятных атеросклеротических бляшек.

В рамках адаптации к интенсивной физической нагрузке у профессиональных спортсменов может наблюдаться расширение аорты, более выраженное на уровне синуса Вальсальвы. В одном исследовании была выявлено, что у ветеранов спорта (гребля) наблюдается большая распространенность дилатации аорты по сравнению с людьми, не занимавшимися спортом на профессиональном уровне. При этом частота выявления данной патологии была больше у спортсменов-мужчин [31]. По мнению авторов, более высокая распространенность дилатации аорты у этой подгруппы спортсменов обусловлена тем, что тренировки по гребле включают в себя сочетание динамических и статических упражнений с повторяющимися перепадами артериального давления. В другом исследовании была обнаружена неожиданно высокая распространенность (41%) дилатации корня аорты у бывших элитных игроков в регби среднего возраста (45 ± 13 лет) [32]. Несмотря на недостаточное изучение данной патологии, существуют данные о том, что увеличение диаметра корня аорты ассоциировано с нарушением закрытия створок клапана, которое может приводить к аортальной регургитации [19]. В настоящее время требуются дальнейшие исследования, направленные на изучение отдаленных последствий дилатации аорты у спортсменов.

Заключение

Таким образом, несмотря на сообщения о вреде чрезмерных физических нагрузок на организм человека, последние данные свидетельствуют о том, что профессиональные спортсмены в среднем живут дольше, чем люди, не занимающиеся спортом. Увеличение продолжительности жизни атлетов обуславливается более низкой частотой развития сердечно-сосудистых, респираторных, эндокринных, метаболических и опухолевых заболеваний по сравнению с населением в целом. При этом интенсивные занятия спортом ассоциированы со значительными изменениями деятельности сердечно-сосудистой системы. Было показано, что у атлетов, занимающихся видами спорта на выносливость, наблюдается повышенная частота выявления нарушений ритма и проводимости). Кроме того, у профессиональных спортсменов велика вероятность развития структурных изменений сердца. Существуют данные о том, что атлеты, занимающиеся силовыми и игровыми видами спорта, имеют более высокий уровень артериального давления и чаще страдают от гипертонии, чем атлеты аэробных дисциплин. Также у данной группы спортсменов наблюдается повышенная распространенность дилатации аорты, которая может приводить к аортальной регургитации. В целом клиническая значимость изменений сердечно-сосудистой системы у атлетов неоднозначна и нуждается в дальнейших исследованиях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

- Nystoriak M.A., Bhatnagar A. Cardiovascular Effects and Benefits of Exercise. *Front Cardiovasc Med.* 2018;5:135. doi: 10.3389/fcvm.2018.00135.
- Al-Mallah M.H., Sakr S., Al-Qunaibet A. Cardiorespiratory Fitness and Cardiovascular Disease Prevention: an Update. *Curr Atheroscler Rep.* 2018;20:1-1. doi: 10.1007/s11883-018-0711-4.
- Laukkanen J.A., Pukkala E., Rauramaa R., Mäkikallio T.H., Toriola A.T., Kurl S. Cardiorespiratory Fitness, Lifestyle Factors and Cancer Risk and Mortality in Finnish Men. *Eur J Cancer.* 2010;46:2:355-63. doi: 10.1016/j.ejca.2009.07.013.
- Li Y., Pan A., Wang D.D., et al. Impact of Healthy Lifestyle Factors on Life Expectancies in the US Population. *Circulation.* 2018;138:4:345-355. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.032047.
- Paffenbarger R.S., Hyde R.T., Wing A.L., Hsieh C.C. Physical Activity, All-Cause Mortality, and Longevity of College Alumni. *The New England Journal of Medicine.* 1986;314:10:605-613.
- Franklin B.A., Thompson P.D., Al-Zaiti S.S., et al. Exercise-Related Acute Cardiovascular Events and Potential Deleterious Adaptations Following Long-Term Exercise Training: Placing the Risks into Perspective-An Update: a Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2020;141:13:e705-e736. doi: 10.1161/CIR.0000000000000749.
- Mohlenkamp S., Lehman N., Breuckmann F. Running the Risk of Coronary Events: Prevalence and Prognostic Relevance of Coronary Atherosclerosis in Marathon Runners. *Eur Heart J.* 2008;29:15:1903-1910. doi: 10.1093/eurheartj/ehh163.
- Schnohr P., O'Keefe J.H., Marott J.L., Lange P., Jensen G.B. Dose of Jogging and Long-Term Mortality: the Copenhagen City Heart Study. *J Am Coll Cardiol.* 2015;65:5:411-419. doi: 10.1016/j.jacc.2014.11.023.
- Antero J., Tanaka H., De Larochelambert Q., Pohar-Perme M., Tous-saint J.F. Female and Male US Olympic Athletes Live 5 Years Longer than their General Population Counterparts: a Study of 8124 Former US Olympians. *Br J Sports Med.* 2021;55:4:206-212. doi: 10.1136/bjsports-2019-101696.
- Garatachea N., et al. Elite Athletes Live Longer than the General Population: a Meta-Analysis. *Mayo Clin Proc.* 2014;89:9:1195-1200. doi: 10.1016/j.mayocp.2014.06.004.
- Attard S.M., et al. Longitudinal Trajectories of BMI and Cardiovascular Disease Risk: the National Longitudinal Study of Adolescent Health. *Obesity.* 2013;21:11:2180-2188. doi: 10.1002/oby.20569.
- Rosin B. Is Marathon Running Toxic? An Observational Study of Cardiovascular Disease Prevalence and Longevity in 54 Male Marathon Runners. *Phys Sportsmed.* 2017;45:2:105-109. doi: 10.1080/00913847.2017.1288545.
- Schweiger V., Niederseer D., Schmied C., Attenhofer-Jost C., Caselli S. Athletes and Hypertension. *Curr Cardiol Rep.* 2021;23:12:176. doi: 10.1007/s11886-021-01608-x.
- Hedman K., Moneghetti K.J., Christle J.W., et al. Blood Pressure in Athletic Preparticipation Evaluation and the Implication for Cardiac Remodeling. *Heart.* 2019;105:1223-1230. doi: 10.1136/heartjnl-2019-314815.
- Sharma S., Drezner J.A., Baggish A., et al. International Recommendations for Electrocardiographic Interpretation in Athletes. *Eur Heart J.* 2018;39:16:1466-1480. doi: 10.1093/eurheartj/ehw631.
- O'Keefe E.L., Torres-Acosta N., O'Keefe J.H., Lavie C.J. Training for Longevity: The Reverse J-Curve for Exercise. *Mo Med.* 2020;117:4:355-361.
- Ricci C., Gervasi F., Gaeta M., Smuts C.M., Schutte A.E., Leitzmann M.F. Physical Activity Volume in Relation to Risk of Atrial Fibrillation. A Non-Linear Meta-Regression Analysis. *Eur J Prev Cardiol.* 2018;25:8:857-866. doi: 10.1177/2047487318768026.
- Baldesberger S., Bauersfeld U., Candinas R., et al. Sinus Node Disease and Arrhythmias in the Long-Term Follow-Up of Former Professional Cyclists. *Eur Heart J.* 2008;29:1:71-78. doi: 10.1093/eurheartj/ehm555.
- Graziano F., Juhasz V., Brunetti G., Cipriani A., Szabo L., Merkely B., Corrado D., D'Ascenzi F., Vago H., Zorzi A. May Strenuous Endurance Sports Activity Damage the Cardiovascular System of Healthy Athletes? A Narrative Review. *J Cardiovasc Dev Dis.* 2022;9:10:347. doi: 10.3390/jcdd9100347.
- Zadvorev S.F., Krysiuk O.B., Obrezan A.G., Yakovlev A.A. The Influence of Personal History of Athletic Activity on Clinical Course of Cardiovascular Diseases in Former Athletes. *Adv Gerontol.*

- 2018;31:531–537.
21. Dagradi F., Spazzolini C., Castelletti S., Pedrazzini M., Kotta M.-C., Crotti L., Schwartz P.J. Exercise Training-Induced Repolarization Abnormalities Masquerading as Congenital Long QT Syndrome. *Circulation*. 2020;142:2405–2415. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.048916.
22. La Gerche A. Exercise-Induced Arrhythmogenic (Right Ventricular) Cardiomyopathy is Real...if you Consider it. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021;14:159–161. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.09.014.
23. Sawant A.C., Bhonsale A., te Riele A.S.J.M., Tichnell C., Murray B., Russell S.D., Tandri H., Tedford R.J., Judge D.P., Calkins H., et al. Exercise has a Disproportionate Role in the Pathogenesis of Arrhythmogenic Right Ventricular Dysplasia/Cardiomyopathy in Patients without Desmosomal Mutations. *J Am Heart Assoc*. 2014;3:e001471. doi: 10.1161/JAHA.114.001471.
24. Leischik R., Dworak B., Strauss M., Horlitz M., Pareja-Galeano H., de la Guía-Galipienso F., Lippi G., Lavie C.J., Perez M.V., Sanchis-Gomar F. Special Article-Exercise-Induced Right Ventricular Injury or Arrhythmogenic Cardiomyopathy (ACM): The Bright Side and the Dark Side of the Moon. *Prog Cardiovasc Dis*. 2020;63:671–681. doi: 10.1016/j.pcad.2020.03.015.
25. van de Schoor F.R., Aengevaeren V.L., Hopman M.T., et al. Myocardial Fibrosis in Athletes. *Mayo Clin Proc*. 2016;91;11:1617–1631. doi: 10.1016/j.mayocp.2016.07.012.
26. Eijsvogels T.M.H., Oxborough D.L., O'Hanlon R., et al. Global and Regional Cardiac Function in Lifelong Endurance Athletes with and without Myocardial Fibrosis. *Eur J Sport Sci*. 2017;17;10:1297–1303. doi: 10.1080/17461391.2017.1373864.
27. Keane L.C., Kilding A.E., Merien F., Dulson D.K. The Impact of Sport Related Stressors on Immunity and Illness Risk in Team-Sport Athletes. *J Sci Med Sport*. 2018;21:1192–1199. doi: 10.1016/j.jsams.2018.05.014.
28. Bouchau R., Cariou E., Deney A., Belaid S., Itier R., Blanchard V., Fournier P., Duparc A., Galinier M., Carrié D., et al. Sports Participation and Myocarditis: Influence of Sport Types on Disease Severity. *Int J Cardiol Heart Vasc*. 2021;37:100895. doi: 10.1016/j.ijcha.2021.100895.
29. DeFina L.F., Radford N.B., Barlow C.E., et al. Association of All-Cause and Cardiovascular Mortality with High Levels of Physical Activity and Concurrent Coronary Artery Calcification. *JAMA Cardiol*. 2019;4;2:174–181. doi: 10.1001/jamacardio.2018.4628.
30. Merghani A., Maestrini V., Rosmini S., et al. Prevalence of Subclinical Coronary Artery Disease in Masters Endurance Athletes with a Low Atherosclerotic Risk Profile. *Circulation*. 2017;136;2:126–137. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.026964.
31. Churchill T.W., Groezinger E., Kim J.H., Loomer G., Guseh J.S., Wasfy M.M., Isselbacher E.M., Lewis G.D., Weiner R.B., Schmied C., et al. Association of Ascending Aortic Dilatation and Long-Term Endurance Exercise among Older Masters-Level Athletes. *JAMA Cardiol*. 2020;5:522–531. doi: 10.1001/jamacardio.2020.0054.
32. Kay S., Moore B.M., Moore L., Seco M., Barnes C., Marshman D., Grieve S.M., Celermajer D.S. Rugby Player's Aorta: Alarming Prevalence of Ascending Aortic Dilatation and Effacement in Elite Rugby Players. *Heart Lung Circ*. 2020;29:196–201. doi: 10.1016/j.hlc.2019.06.714.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 11.01.2025. Принята к публикации: 15.22.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 11.01.2025. Accepted for publication: 15.02.2025

ПАРАДУОДЕНАЛЬНЫЙ ПАНКРЕАТИТ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ)¹ФГБУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Самара, Россия²ГБУЗ Самарской области «Самарская городская клиническая больница № 8», Самара, Россия

Контактное лицо: Пышкина Юлия Сергеевна: yu.pyshkina@yandex.ru

Резюме

Цель: продемонстрировать клиническое наблюдение редкой формы хронического локального панкреатита – парадуюденального панкреатита, выявленного при обследовании пациента с клиническими проявлениями острой патологии органов брюшной полости.

Материалы и методы: парадуюденальный панкреатит – редкая форма хронического локального панкреатита, расположенного между головкой поджелудочной железы, внутренней стенкой двенадцатиперстной кишки и общим желчным протоком. Диагностика данной патологии проблематична, т.к. лучевые признаки заболевания схожи с паттернами визуализации рака поджелудочной железы. Существует два основных гистологических варианта парадуюденального панкреатита - кистозный и солидный, с несколько отличающимися визуальными проявлениями. Диагноз ставится на основании данных компьютерной и магнитно-резонансной томографий. Более того, результаты визуализации при данной патологии могут меняться с течением времени из-за прогрессирования заболевания и/или в результате воздействия факторов риска, а именно употребления алкоголя и курения. Клинические признаки обычно регрессируют при симптоматическом лечении. Основной дифференциальный диагноз – карцинома поджелудочной железы, которая иногда требует хирургического вмешательства. Мы сообщаем о клиническом наблюдении 42-летнего пациента с парадуюденальным панкреатитом с гетеротопической поджелудочной железой, выявленной при боли в эпигастрии. Для установления диагноза пациенту были выполнены обзорная рентгенография органов брюшной полости, сонография органов брюшной полости, фиброгастродуоденоскопия, мультиспиральная компьютерная томография органов брюшной полости с внутривенным болюсным контрастированием и хирургическое вмешательство.

Результаты: применение усиленной рентгеновской компьютерной томографии позволило определить кальциноз поджелудочной железы, расширение главного панкреатического и санториниева протоков, кистозную трансформацию нисходящей части двенадцатиперстной кишки с распространением на луковицу, утолщение стенки двенадцатиперстной кишки и ее сужение.

Заключение: анализ данных литературы и наше клиническое наблюдение подчеркивает сложность выявления парадуюденального панкреатита. Таким образом, хорошее знание рентгенологических признаков представленного заболевания, которое до сих пор плохо изучено, позволяет поставить точный диагноз, что может определить оптимальную тактику ведения пациента.

Ключевые слова: парадуюденальный панкреатит, панкреатит, компьютерная томография, томография, лучевая диагностика

Для цитирования: Пышкина Ю.С., Ушаков Н.Г., Розаков М.Ш. Парадуюденальный панкреатит (клинический случай) // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 46–51. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-46-51

Paraduodenal Pancreatitis (a Case Report)¹Samara State Medical University, Samara, Russia²State budgetary healthcare institution of the Samara Region "Samara City Clinical Hospital №. 8", Samara, Russia

Contact person: Pyshkina Yuliya Sergeevna: yu.pyshkina@yandex.ru

Abstract

Purpose: to demonstrate a clinical case of a rare form of chronic local pancreatitis – paraduodenal pancreatitis – in a patient presenting with acute abdominal pathology symptoms.

Materials and methods: pancreatitis of the groove, or paraduodenal pancreatitis, is a rare form of chronic segmental pancreatitis, located between the head of the pancreas, the inner wall of the duodenum, and the common bile duct. The main differential diagnosis is pancreatic carcinoma, which sometimes requires surgical exploration. There are two main histological variants of paraduodenal pancreatitis - cystic and solid - each with slightly different imaging characteristics. The diagnosis is made on the basis of computed tomography and magnetic resonance imaging data. Additionally, the imaging results may change over time due to disease progression or risk factors such as alcohol consumption and smoking. Clinical signs usually regress under symptomatic medical treatment. The primary differential diagnosis is pancreatic carcinoma, which sometimes necessitates surgical exploration. We report the case of a 42 years old man presenting paraduodenal pancreatitis with featuring heterotopic pancreatic tissue, identified during epigastric pain evaluation. To establish the diagnosis, the patient underwent plain X-rays of the abdomen, abdominal ultrasound, fibrogastroduodenoscopy, contrast-enhanced multispiral computed tomography of the abdomen, and surgery.

Results: enhanced X-ray computed tomography revealed pancreatic calcification, dilation of the main pancreatic and Santorini's ducts, cystic transformation of the descending part of the duodenum extending into the bulb, thickening of the duodenal wall, and its narrowing.

Conclusion: analysis of the literature and our clinical observation highlight the complexity of diagnosing paraduodenal pancreatitis. Therefore, a thorough understanding of the radiographic signs of this poorly studied disease is crucial for accurate diagnosis, enabling optimal patient management strategies.

Keywords: *paraduodenal pancreatitis, pancreas, computed tomography, tomography, radiation diagnostic*

For citation: Pyshkina YuS, Ushakov NG, Rozakov MSh. Paraduodenal Pancreatitis (a Case Report)s. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.2:46-51. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-46-51

Введение

Парадуоденальный панкреатит (дуоденальная дистрофия) – редкая форма локального хронического панкреатита [1], характеризующаяся воспалительным поражением ткани поджелудочной железы (ПЖ), эктопированной в стенку двенадцатиперстной кишки (ДПК). Парадуоденальный панкреатит (ПП) подразделяется на кистозный (70-80% случаев) и солидный тип (20-30% случаев) [2] на основе наличия или отсутствия кист в области бороздки, расположенной между головкой поджелудочной железы, двенадцатиперстной кишкой и общим желчным протоком [3].

Данное состояние как правило выявляется у мужчин во возрасте 40-50 лет, злоупотребляющих алкоголем и курением [4, 5]. По данным литературы несколько факторов способствуют развитию ПП: 1) хроническое употребление алкоголя увеличивает вязкость панкреатического сока, вызывая образование белковых пробок и камней [6]; 2) образование кист в ПЖ происходит из-за обструкции или отсутствия протока Санторини, что обусловлено наличием аберрантной ткани поджелудочной железы в стенке двенадцатиперстной кишки [7].

Диагностика ПП – сложная задача, поскольку у пациентов часто наблюдаются симптомы, имитирующие рак ПЖ, такие как боли в животе, за которыми следуют жалобы, связанные с непроходимостью двенадцатиперстной кишки (рвота и потеря веса) и непроходимостью общего желчного протока (желтуха) [8], и, особенно при солидном типе, также при визуализации дифференциальная диагностика с раком поджелудочной железы может быть чрезвычайно затруднена [9]. Клинические проявления, связанные с недостаточностью поджелудочной железы (диабет и стеаторея), встречаются реже и обычно наблюдаются у пациентов с запущенным заболеванием [10]. Симптомы могут сохраняться или рецидивировать в течение недель, месяцев или даже лет [6], но в большинстве случаев длятся 3–6 месяцев [4].

Методы лучевой диагностики, в частности компьютерная (КТ) и магнитно-резонансная (МРТ) томографии, позволяют выявить ПП, но референсным тестом при данной патологии является эндоскопическое исследование с биопсией [11]. При КТ и/или МРТ заболевание может проявляться в виде фиброзного утолщения стенки ДПК, кист в ее мышечном и подслизистом слоях и панкреатодуоденальной борозде [10]. Визуализация ПП затрудняется необходимостью проводить дифференциальную диагностику

с неопластическими процессами, а именно карциномой поджелудочной железы и двенадцатиперстной кишки [10]. Поэтому значительная часть пациентов (5% - 21%) подвергается оперативному вмешательству из-за неправильного диагноза [12].

Варианты лечения ПП варьируются от консервативного ведения (прием анальгетиков, воздержание от алкоголя и курения, парентеральное питание, эндоскопическое дренирование кист и стентирование панкреатических и желчных протоков) до хирургического вмешательства – панкреатодуоденэктомии. Панкреатодуоденэктомия, как правило, хорошо переносится, но может привести к поздним осложнениям и летальному исходу. Долгосрочные результаты, особенно у тех, кто лечится консервативно, недостаточно освещены в литературе [6]. Полное исчезновение болей после операции отмечается в 76–100% случаев [4].

Несмотря на редкость заболевания, методы лучевой визуализации имеют решающее значение для оптимальной тактики ведения пациентов, и необходим междисциплинарный подход для снижения риска неправильной диагностики и неоправданных хирургических вмешательств. Поэтому целью нашего исследования было представление КТ-картины парадуоденального панкреатита, выявленного при обследовании пациента с клиническими проявлениями острой патологии органов брюшной полости.

Клиническое наблюдение

Пациент Р., 1982 г.р. (в возрасте 42 лет), злоупотребляющий алкоголем, в июле 2024 г. бригадой скорой медицинской помощи доставлен в приемное отделение городской больницы с жалобами на постоянные тупые боли в околопупочной области, вздутие живота, уменьшение количества мочи, слабость и тошноту в течение недели. Мужчина был осмотрен хирургом и терапевтом приемного покоя. Клиническое обследование выявило болезненность в эпигастрии. Пациента госпитализировали в хирургическое отделение с предварительным диагнозом «Острый идиопатический панкреатит».

Пациенту выполнили следующие лабораторные и инструментальные методы исследования:

– анализ крови: лейкоциты (WBC) - $14,9 \cdot 10^9/\text{л}$ (при норме $4,3-10 \cdot 10^9/\text{л}$); нейтрофилы - 81% (при норме 50-70%); лимфоциты - 13% (при норме 20-40%); моноциты - 6% (при норме 3-12%); эритроциты (RBC) - $4,56 \cdot 10^{12}/\text{л}$ (при норме $3,90-$

5,00*10¹²/л); гемоглобин (HGB) - 140 г/л (при норме 120-160 г/л); гематокрит (HCT) - 43,5% (при норме 33,0-46,0%); тромбоциты (PLT) - 202*10⁹/л (при норме 150-400*10⁹/л); глюкоза - 6,65 ммоль/л (при норме 3,5-5,5 ммоль/л); мочевины - 9,70 ммоль/л (при норме 2,8-7,2 ммоль/л); билирубин общий - 12,62 мкмоль/л (при норме 2-21 мкмоль/л); креатинин - 90,0 мкмоль/л (при норме 70-115 мкмоль/л); амилаза 867,3 ед/л (при норме 28-100 ед/л);

– общий анализ мочи: плотность SG 1,025 (при норме 1,012-1,025); pH 5,5 (при норме 5-6); белок PRO 0,3 (при норме до 0,03);

– обзорная рентгенография органов брюшной полости: свободного газа и патологических уровней газа и жидкости не выявлено;

– сонография органов брюшной полости: контуры поджелудочной железы нечеткие, неровные, эхогенность неравномерно повышена с гипозоногенной зоной в области головки, эхоструктура диффузно неоднородная за счет множества гиперэхогенных точечных включений (кальцинаты), панкреатический проток расширен до 7,7 мм. Парапанкреатическая клетчатка повышенной эхогенности, инфильтрирована. В сальниковой сумке выпот до 5 мм. Заключение: картина диффузных изменений поджелудочной железы с исходом в панкреонекроз;

– фиброгастродуоденоскопия. Заключение: эритематозная гастропатия с эрозивным компонентом. Выраженный дуоденит с массивным отеком-инфильтрацией слизистой двенадцатиперстной кишки.

Пациенту проводилось консервативное лечение: спазмолитическая, анальгетическая и инфузионная терапии и назогастральное зондирование. На пятые сутки госпитализации в связи с наличием у пациента клиники деструктивного панкреатита принято решение об оперативном вмешательстве, было получено согласие больного на его проведение.

Протокол операции: «...Во всех отделах брюшной полости определяется геморрагический выпот. В большом сальнике и брыжейке тонкой кишки выявлены множественные бляшки стеатонекроза. При осмотре верхнего этажа брюшной полости диагностирован инфильтрат в проекции головки поджелудочной железы, отек с геморрагическим пропитыванием парапанкреатической клетчатки и вдоль двенадцатиперстной кишки с распространением на мезоколон, брыжейку тонкой кишки и правый боковой канал. Холедох осмотру не доступен из-за выраженного отека желудочно-двенадцатиперстной связки и инфильтрата в проекции головки поджелудочной железы. Вскрыто забрюшинное пространство справа с мобилизацией ДПК по Кохеру и мобилизацией печеночного изгиба и всей правой половины ободочной кишки. Толстая кишка без очагов некроза - жизнеспособная. Отмечаются обширные асептические некрозы жировой клетчатки справа, частично иссечены. При дальнейшей ревизии вскрыта сальниковая сумка. Поджелудочная железа слабо дифференцируется, отекая, с геморрагическим пропитыванием, отмечается выраженный отек с некротическими изменениями парапанкреа-

тической клетчатки. Выполнены: абдоминализация поджелудочной железы по нижнему и верхнему контуру, санация забрюшинной клетчатки и сквозное дренирование сальниковой сумки. Слева отек забрюшинного пространства менее выражен. Вскрыт левый боковой канал, очагов некроза не выявлено, отек серозной жидкостью. Наложена холецистостома по общепринятой методике с фиксацией к париетальной брюшине. Проведена санация брюшной полости раствором фурацилина, осушена брюшная полость. Выполнена проверка на гемостаз и инородные тела. Осуществлено дренирование трубками полости малого таза, правого и левого боковых каналов и правого подпеченочного пространства. В срединной ране наложена оментобурсостома с дренированием сигарообразным дренажом. Рана ушита с наложением лапаростомы для профилактики компартмент-синдрома».

Послеоперационный диагноз: Острый панкреатит. Острый головчатый геморрагический панкреонекроз в фазе токсемии. Обширная забрюшинная некротическая флегмона забрюшинного пространства справа. Разлитой ферментативный перитонит.

В послеоперационном периоде проводились антибактериальная, антикоагуляционная и инфузионная терапии и противоболевые мероприятия. На третьей неделе выполнено поэтапное удаление дренажей.

В связи с эпизодами субфебрилитета и для исключения клинически значимых (более 5 см) постнекротических/парапанкреатических кист через шесть недель после оперативного вмешательства проведена мультиспиральная компьютерная томография органов брюшной полости с внутривенным болюсным контрастированием препаратом Йогексола 350 мг йода/мл в объеме 100 мл. Выявлены признаки хронического панкреатита - кальциноз поджелудочной железы (рис. 1), расширение главного панкреатического и санториниева протоков (рис. 2). Кистозная трансформация нисходящей части двенадцатиперстной кишки (рис. 3) с распространением на луковицу характеризовалась наличием четырех кист (наиболее крупная - до 30 мм в диаметре). Утолщение стенки двенадцатиперстной кишки до 30 мм и сужение кишки на протяжении до 55 мм (рис. 4). Расположение кист латеральнее а. gastroduodenalis позволило дифференцировать их от постнекротических кист головки ПЖ. Заключение: лучевая картина состояния после оперативного лечения деструктивного панкреатита. Парадуоденальный панкреатит.

Было продолжено симптоматическое лечение пациента и через 7 недель после оперативного вмешательства мужчина выписан с улучшением. Даны рекомендации по продолжению лечения в Центре гепатопанкреатобилиарной хирургии.

Обсуждение

Парадуоденальный панкреатит (кистозная дистрофия двенадцатиперстной кишки, бороздчатый панкреатит) – очаговая хроническая форма панкреатита, характеризуется развитием необратимых морфологических и функциональных нарушений в дуодено-пан-

креатической борозде, расположенной между медиальным краем двенадцатиперстной кишки и правым краем перешейка поджелудочной железы [2]. Это связано с наличием aberrантной ткани поджелудочной железы в стенке двенадцатиперстной кишки [7].

С точки зрения патофизиологии дисфункция малого сосочка, анатомического или функционального происхождения, является первичным толчком, вызывающим локальный панкреатит с характерной кистозной трансформацией [13]. Другими известными предрасполагающими факторами являются отсутствие протока Санторини, обструкция малого сосочка кистами и, вызванная алкоголем, вязкость панкреатического секрета [14].

Диагноз ПП устанавливается с помощью методов лучевой диагностики, включающих КТ, МРТ и

сонографию, а также эндоскопические методы, определяющие пристеночное утолщение панкреатической стороны двенадцатиперстной кишки с наличием кист в дуодено-панкреатической бороздке или в стенке двенадцатиперстной кишки, очаги кальцификации, позднее контрастирование бороздки или очаговое образование, имитирующее аденокарциному головки поджелудочной железы [14]. Могут присутствовать и другие признаки, такие как расширение общего желчного протока, стеноз воротной вены, обусловленные сдавлением кистами или застоем в желудке при стенозе просвета двенадцатиперстной кишки.

Дифференциальный диагноз ПП необходимо проводить с аденокарциномой поджелудочной железы. При ПП утолщение стенки двенадцатиперстной кишки происходит из-за интердуоденально-



Рис. 1. Компьютерная томограмма органов брюшной полости, нативная фаза сканирования, аксиальная плоскость. Кальциноз в головке поджелудочной железы

Fig. 1. Computed tomograms of the abdominal organs, native images, axial projection. Calcification in the head of the pancreas

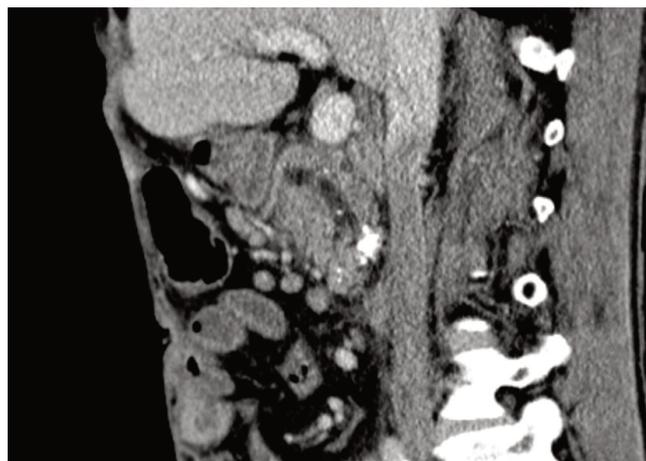


Рис. 2. Компьютерная томограмма органов брюшной полости, венозная фаза сканирования, сагиттальная плоскость. Расширение Вирсунгова и Санториниева протоков поджелудочной железы, кальциноз дистального отдела главного панкреатического протока

Fig. 2. Computed tomograms of the abdominal organs, venous images, sagittal projection. Dilatation of Wirsung's and Santorini's ducts of the pancreas, calcification of the distal segment of the main pancreatic duct



Рис. 3. Компьютерная томограмма органов брюшной полости, венозная фаза сканирования, аксиальная плоскость. Изменение стенки двенадцатиперстной кишки, кистозная трансформация нисходящей части двенадцатиперстной кишки

Fig. 3. Computed tomograms of the abdominal organs, venous images, axial projection. Changes in the wall of the duodenum, cystic transformation of the descending part of the duodenum



Рис. 4. Компьютерная томограмма органов брюшной полости, венозная фаза сканирования, криволинейная реконструкция. Сужение двенадцатиперстной кишки

Fig. 4. Computed tomograms of the abdominal organs, venous images, curved reconstruction. Narrowing of the duodenum

панкреатических кист, что не характерно для аденокарциномы поджелудочной железы. Диффузное контрастирование типично при ПП, тогда как аденокарцинома часто определяется гиподенсной зоной с равномерным однородным контрастированием. А также, аденокарцинома поджелудочной железы часто приводит к атрофии поджелудочной железы [14].

КТ является методом визуализации первой линии при патологиях поджелудочной железы, который также позволяет в большинстве случаев проводить дифференциальную диагностику между ПП и раком поджелудочной железы [15]. Учитывая более высокое разрешение контрастности тканей, МРТ представляет собой метод визуализации второго уровня выбора в случае неубедительных результатов КТ [16]. Эндоскопические методы имеют более высокую точность, чем КТ и МРТ, в определении изменений стенки двенадцатиперстной кишки, а также дают возможность получения цитогистологических образцов, но является более инвазивным и хуже переносится паци-

ентами, поэтому данное исследование следует считать методом решения в сложных случаях [10].

Особенность данного клинического наблюдения заключается в представлении лучевой картины редкой формы панкреатита.

Заключение

Парадуоденальный панкреатит – это особая и редкая доброкачественная форма панкреатита, которая характеризуется специфическими лучевыми симптомами, при этом КТ и МРТ являются лучшими методами исследования для диагностики данной патологии. Анализ данных литературы и наше клиническое наблюдение подчеркивает сложность выявления этого вида панкреатита. Таким образом, хорошее знание рентгенологических признаков представленного заболевания, которое до сих пор плохо изучено, позволяет поставить точный диагноз, что может определить оптимальную тактику ведения пациента.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дронов А.И., Ковальская И.А., Бакунец Ю.П., Прытков Ф.О. Парадуоденальный панкреатит: особенности диагностики и лечения, нестандартный клинический случай // Хирургия. Восточная Европа. 2022. Т.11, № 1. С. 27-41. doi: 10.34883/PI.2022.11.1.003.
2. Klöppel G., Zamboni G. Acute and chronic alcoholic pancreatitis, including paraduodenal pancreatitis // Arch Pathol Lab Med. 2023. V.147. No.3. P.294-303. doi: 10.5858/arpa.2022-0202-RA.
3. Vitali F., Heinrich M., Strobel D., Zundler S., Aghdassi A.A., Uder M., Neurath M.F., Grützmann R., Wiesmueller M., Frulloni L., Wildner D. Paraduodenal pancreatitis as diagnostic challenge: clinical and morphological features of patients with pancreatic pathology involving the pancreatic groove // Ann Gastroenterol. 2024. V.37. No.6. P. 742-749. doi: 10.20524/aog.2024.0914.
4. Лукьянченко А.Б., Романова К.А., Медведева Б.М., Колобанова Е.С. Парадуоденальный панкреатит (groove pancreatitis) // Вестник рентгенологии и радиологии. 2018. Т.99, № 1. С. 52-58. doi: 10.20862/0042-4676-2018-99-1-52-58.
5. Kulkarni C.B., Moorthy S., Pullara S.K., Prabhu N.K. CT imaging patterns of paraduodenal pancreatitis: a unique clinicoradiological entity // Clin Radiol. 2022. V.77. No.8. P. e613-e619. doi: 10.1016/j.crad.2022.04.008.
6. Ooka K., Singh H., Warndorf M.G., Saul M., Althouse A.D., Dasyam A.K., Paragomi P., Phillips A.E., Zureikat A.H., Lee K.K., Slivka A., Papachristou G.I., Yadav D. Groove pancreatitis has a spectrum of severity and can be managed conservatively // Pancreatology. 2021. V.21. No.1. P.81-88. doi: 10.1016/j.pan.2020.11.018.
7. Imrani K., Moattasim Billah N., Nassar I. Paraduodenal pancreatitis: a case report // Clin med insights case rep. 2023. No.16: 11795476231172654. doi: 10.1177/11795476231172654.
8. Vujasinovic M., Pozzi Mucelli R., Grigoriadis A., Palmér I., Asplund E., Rutkowski W., Baldaque-Silva F., Waldthaler A., Ghorbani P., Verbeke C.S., Löhr J.M. Paraduodenal pancreatitis - problem in the groove // Scand J Gastroenterol. 2022. P. 1-8. doi: 10.1080/00365521.2022.2036806.
9. Balduzzi A., Marchegiani G., Andrianello S., Romeo F., Amodio A., De Pretis N., Zamboni G., Malleo G., Frulloni L., Salvia R., Bassi C. Pancreaticoduodenectomy for paraduodenal pancreatitis is associated with a higher incidence of diabetes but a similar quality of life and pain control when compared to medical treatment // Pancreatology. 2020. V.20. P. 193-198. doi: 10.1016/j.pan.2019.12.014.
10. Bonatti M., De Pretis N., Zamboni G.A., Brillo A., Crinò S.F., Valletta R., Lombard F., Mansueto G., Frulloni L. Imaging of paraduodenal pancreatitis: a systematic review // World j radiol. 2023. V.15. No.2. P. 42-55. doi: 10.4329/wjr.v15.i2.42.
11. Asamoah P., Patel N., Markese M. A rare and atypical complication of chronic pancreatitis // Gastroenterology. 2021. V.160. No.5. P. e4-e5. doi: 10.1053/j.gastro.2020.07.059.
12. Değer K.C., Köker İ.H., Destek S., Toprak H., Yapalak Y., Gönültaş C., Şentürk H. The clinical feature and outcome of groove pancreatitis in a cohort: A single center experience with review of the literature // Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. 2022. V.28. P. 1186-1192. doi: 10.14744/tjtes.2022.12893.
13. De Pretis N., Capuano F., Amodio A., Pellicciari M., Casetti L., Manfredi R., Zamboni G., Capelli P., Negrelli R., Campagnola P., Fuini A., Gabbriellini A., Bassi C., Frulloni L. Clinical and morphological features of paraduodenal pancreatitis: an italian experience with 120 patients // Pancreas. 2017. V.46. No.4. P. 489-495. doi: 10.1097/MPA.0000000000000781.
14. Aslan S., Nural M.S., Camlidag I., Danaci M. Efficacy of perfusion CT in differentiating of pancreatic ductal adenocarcinoma from mass-forming chronic pancreatitis and characterization of isoattenuating pancreatic lesions // Abdom Radiol (NY). 2019. V.44. No.2. P. 593-603. doi: 10.1007/s00261-018-1776-9.
15. Addeo G., Beccani D., Cozzi D., Ferrari R., Lanzetta M.M., Paolantonio P., Pradella S., Miele V. Groove pancreatitis: a challenging imaging diagnosis // Gland Surg. 2019. V.8 (Suppl 3): S178-S187. doi: 10.21037/gs.2019.04.06.
16. Schima W., Böhm G., Röscher C.S., Klaus A., Függer R., Kopf H. Mass-forming pancreatitis versus pancreatic ductal adenocarcinoma: CT and MR imaging for differentiation // Cancer Imaging. 2020. V.20. No.1. P.52. doi: 10.1186/s40644-020-00324-z.

REFERENCES

1. Dronov O, Kovalska I, Bakunets Y, Bakunets P, Prytkov F. Paraduodenal pancreatitis: features of diagnosis and treatment, non-standard clinical cases. Surgery. Eastern Europe. 2022;11(1):27-41 (In Russ.). doi: 10.34883/PI.2022.11.1.003.
2. Klöppel G, Zamboni G. Acute and Chronic Alcoholic Pancreatitis, Including Paraduodenal Pancreatitis. Arch Pathol Lab Med. 2023;147(3):294-303. doi: 10.5858/arpa.2022-0202-RA.
3. Vitali F, Heinrich M, Strobel D, Zundler S, Aghdassi AA, Uder M, Neurath MF, Grützmann R, Wiesmueller M, Frulloni L, Wildner D. Paraduodenal pancreatitis as diagnostic challenge: clinical and morphological features of patients with pancreatic pathology involving the pancreatic groove. Ann Gastroenterol. 2024;37(6):742-749. doi: 10.20524/aog.2024.0914.
4. Luk'yanchenko AB, Romanova KA, Medvedeva BM, Kolobanova ES. Paraduodenal pancreatitis (Groove Pancreatitis). Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology). 2018;99(1):52-58 (In Russ.). doi: 10.20862/0042-4676-2018-99-1-52-58.
5. Kulkarni CB, Moorthy S, Pullara SK, Prabhu NK. CT imaging patterns of paraduodenal pancreatitis: a unique clinicoradiological entity. Clin Radiol. 2022;77(8):e613-e619. doi: 10.1016/j.crad.2022.04.008.
6. Ooka K, Singh H, Warndorf MG, Saul M, Althouse AD, Dasyam AK, pancreaticoduodenectomy for paraduodenal pancreatitis is associated with a higher incidence of diabetes but a similar quality of life and pain control when compared to medical treatment // Pancreatology. 2020;20(2):193-198. doi: 10.1016/j.pan.2019.12.014.

- Paragomi P, Phillips AE, Zureikat AH, Lee KK, Slivka A, Papachristou GI, Yadav D. Groove pancreatitis has a spectrum of severity and can be managed conservatively. *Pancreatology*. 2021;21(1):81-88. doi: 10.1016/j.pan.2020.11.018.
7. Imrani K, Moatassim Billah N, Nassar I. Paraduodenal pancreatitis: a case report. *Clin med insights case rep*. 2023;16:11795476231172654. doi: 10.1177/11795476231172654.
 8. Vujasinovic M, Pozzi Mucelli R, Grigoriadis A, Palmér I, Asplund E, Rutkowski W, Baldaque-Silva F, Waldthaler A, Ghorbani P, Verbeke CS, Löhr JM. Paraduodenal pancreatitis - problem in the groove. *Scand J Gastroenterol*. 2022;1-8. doi: 10.1080/00365521.2022.2036806.
 9. Balduzzi A, Marchegiani G, Andrianello S, Romeo F, Amodio A, De Pretis N, Zamboni G, Malleo G, Frulloni L, Salvia R, Bassi C. Pancreaticoduodenectomy for paraduodenal pancreatitis is associated with a higher incidence of diabetes but a similar quality of life and pain control when compared to medical treatment. *Pancreatology*. 2020;20:193-198. doi: 10.1016/j.pan.2019.12.014.
 10. Bonatti M, De Pretis N, Zamboni GA, Brillo A, Crinò SF, Valletta R, Lombardo F, Mansueto G, Frulloni L. Imaging of paraduodenal pancreatitis: A systematic review. *World J Radiol*. 2023;15(2):42-55. doi: 10.4329/wjr.v15.i2.42.
 11. Asamoah P, Patel N, Markese M. A rare and atypical complication of chronic pancreatitis. *Gastroenterology*. 2021;160(5):e4-e5. doi: 10.1053/j.gastro.2020.07.059.
 12. Değer KC, Köker İH, Destek S, Toprak H, Yapalak Y, Gönültaş C, Şentürk H. The clinical feature and outcome of groove pancreatitis in a cohort: A single center experience with review of the literature. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2022;28:1186-1192. doi: 10.14744/tjtes.2022.12893.
 13. De Pretis N, Capuano F, Amodio A, Pellicciari M, Casetti L, Manfredi R, Zamboni G, Capelli P, Negrelli R, Campagnola P, Fuini A, Gabrielli A, Bassi C, Frulloni L. Clinical and morphological features of paraduodenal pancreatitis: an Italian experience with 120 patients. *Pancreas*. 2017;46(4):489-495. doi: 10.1097/MPA.0000000000000781.
 14. Aslan S, Nural MS, Camlidag I, Danaci M. Efficacy of perfusion CT in differentiating of pancreatic ductal adenocarcinoma from mass-forming chronic pancreatitis and characterization of isoattenuating pancreatic lesions. *Abdom Radiol (NY)*. 2019;44(2):593-603. doi: 10.1007/s00261-018-1776-9.
 15. Addeo G, Beccani D, Cozzi D, Ferrari R, Lanzetta MM, Paolantonio P, Pradella S, Miele V. Groove pancreatitis: a challenging imaging diagnosis. *Gland Surg*. 2019;8(Suppl 3):S178-S187. doi: 10.21037/ga.2019.04.06.
 16. Schima W, Böhm G, Rösch CS, Klaus A, Függer R, Kopf H. Mass-forming pancreatitis versus pancreatic ductal adenocarcinoma: CT and MR imaging for differentiation. *Cancer Imaging*. 2020;20(1):52. doi: 10.1186/s40644-020-00324-z.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 11.01.2025. Принята к публикации: 15.02.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.
Article received: 11.01.2025. Accepted for publication: 15.02.2025

Т.А. Астрелина, А.О. Завьялов, Д.Ю. Усупжанова, И.В. Кобзева, Ю.Б. Сучкова, В.А. Брунчуков, М.В. Меркулов, О.Г. Михадаркина., В.А. Никитина., Т.Ф. Маливанова Е.А., Дубова, С.В. Лишук, К.А. Павлов, О.Ф. Серова, А.С. Самойлов

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКРЫТИЙ ИЗ ВНЕКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА ПЛАЦЕНТЫ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ НА МОДЕЛИ ХИМИЧЕСКОГО ОЖОГА

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Астрелина Татьяна Алексеевна: t_astrelina@mail.ru

Резюме

Введение: внеклеточные матрицы (ВКМ) представляют собой перспективный материал для изготовления раневых покрытий. Один из наиболее доступных источников ВКМ – ткани плаценты. Подбор оптимального протокола этапа децеллюляризации тканей для получения ВКМ направлен на сохранение их регенеративного потенциала и обеспечение низкой иммуногенности.

Цель: провести сравнительную оценку покрытий из ВКМ плаценты человека, полученных двумя различными протоколами децеллюляризации для регенерации на модели химического ожога.

Материалы и методы: основными компонентами протоколов децеллюляризации тканей плаценты являлись додецилсульфат натрия (SDS-протокол) и NaOH (NaOH-протокол). Проводилась оценка качества полученных ВКМ с помощью гистологического и иммуногистохимического исследования, флуоресцентной микроскопии. Химический ожог моделировали на крысах линии Wistar и проводили терапию повреждения путем наложения покрытия из ВКМ, полученного по двум протоколам (ВКМ-SDS и ВКМ-NaOH). Течение раневого процесса оценивали планиметрическими и гистологическими методами.

Результаты: SDS-протокол обеспечивал более высокую степень очистки ВКМ от остаточного клеточного и ядерного материала. В свою очередь ВКМ, полученный по NaOH-протоколу (ВКМ-NaOH), демонстрировал наиболее широкий спектр функционально значимых компонентов. Общая площадь раневой поверхности на 42 сутки была достоверно меньше в группе животных, получавших терапию в виде раневого покрытия ВКМ-NaOH, гистологическая оценка параметров воспаления подтвердила наблюдаемую положительную динамику.

Выводы. Получение ВКМ по SDS-протоколу (ВКМ-SDS) обеспечивает более эффективную элиминацию остаточных клеточных компонентов, но при этом снижает его регенеративный потенциал по сравнению с NaOH-протоколом, что вероятно связано с утратой ВКМ-SDS в процессе децеллюляризации компонентов, играющих важную роль в процессе регенерации ожоговой раны.

Ключевые слова: *децеллюляризация, внеклеточный матрикс, плацента, раневое покрытие, регенеративный потенциал*

Для цитирования: Астрелина Т.А., Завьялов А.О., Усупжанова Д.Ю., Кобзева И.В., Сучкова Ю.Б., Брунчуков В.А., Меркулов М.В., Михадаркина О.Г., Никитина В.А., Маливанова Т.Ф., Дубова Е.А., Лишук С.В., Павлов К.А., Серова О.Ф., Самойлов А.С. Сравнительная оценка покрытий из внеклеточного матрикса плаценты человека для регенерации на модели химического ожога // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 52–58. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-52-58

T.A. Astrelina, A.O. Zavyalov, D.Yu. Usupzhanova, I.V. Kobzeva, Yu.B. Suchkova, V.A. Brunchukov, M.V. Merkulov, O.G. Mikhadarkina, V.A. Nikitina, T.F. Malivanova, E.A. Dubova, S.V. Lishchuk, K.A. Pavlov, O.F. Serova, A.S. Samoilo

Comparative evaluation of the coating of extracellular matrix from placenta of human for regeneration in a chemical burn model

International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Astrelina Tatyana Alekseevna: t_astrelina@mail.ru

Abstract

Introduction: extracellular matrices (ECM) are a promising material for the production of wound dressings. One of the most accessible sources of ECM is placental tissue. Selection of the optimal protocol for the tissue decellularization stage to obtain ECM is aimed at preserving their regenerative potential and ensuring low immunogenicity.

Objective: to conduct a comparative assessment of human placental ECM dressings obtained using two different decellularization protocols for regeneration in a chemical burn model.

Materials and methods: the main components of the placental tissue decellularization protocols were sodium dodecyl sulfate (SDS protocol) and NaOH (NaOH protocol). The quality of the obtained ECM was assessed using histological and immunohistochemical studies, fluorescence microscopy. Chemical burn was modeled on Wistar rats and damage was treated by applying a VCM coating obtained by two protocols (VCM-SDS and VCM-NaOH). The course of the wound process was assessed by planimetric and histological methods.

Results: the SDS protocol ensured a higher degree of VCM purification from residual cellular and nuclear material. In turn, the VCM obtained by the NaOH protocol (VCM-NaOH) demonstrated the widest range of functionally significant components.

The total area of the wound surface on day 42 was significantly smaller in the group of animals receiving therapy in the form of a VCM-NaOH wound coating; histological assessment of the inflammation parameters confirmed the observed positive dynamics.

Conclusions. Obtaining ECM using the SDS protocol (ECM-SDS) ensures more effective elimination of residual cellular components, but at the same time reduces its regenerative potential compared to the NaOH protocol, which is probably due to the loss of ECM-SDS during the decellularization of components that play an important role in the process of burn wound regeneration.

Keywords: *decellularization, extracellular matrix, placenta, wound covering, regenerative potential*

For citation: Astrelina TA, Zavyalov AO, Usupzhanova DYu, Kobzeva IV, Suchkova YuB, Brunchukov VA, Merkulov MV, Mikhadarkina OG, Nikitina VA, Malivanova TF, Dubova EA, Lishchuk SV, Pavlov KA, Serova O.F., Samoilov AS. Comparative Evaluation of the Coating of Extracellular Matrix from Placenta of Human for Regeneration in a Chemical Burn Model. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.2:52-58. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-52-58

Введение

Ожоговый травматизм представляет собой значимую медицинскую и социальную проблему, ежегодно в Российской Федерации в медицинские учреждения обращается порядка 400 тыс. человек, получивших ожоги [1], при этом на долю химических ожогов приходится 2,5-5,1% [2].

Химические ожоги возникают в результате воздействия на кожу или слизистые оболочки химических веществ (чаще всего, кислот и щелочей), патологические механизмы химического ожога включают в себя некроз, нарушение кровообращения и нервно-трофической функции тканей, что приводит к замедлению регенеративных процессов и более длительному заживлению ран по сравнению с термическими ожогами [3].

Большинство ожоговых травм являются поверхностными [2] и для их лечения широко применяют различные раневые покрытия, которые должны обладать определенными физическими и биологическими свойствами. Перспективным материалом для изготовления таких покрытий являются внеклеточные матриксы (ВКМ), получаемые из различных тканей человека и животных путем децеллюляризации (очистки от иммуногенных клеточных компонентов). Внеклеточный матрикс представляет собой трехмерную сеть белковых полимеров, характеризующуюся тканеспецифичной структурой. Он способен служить физическим каркасом для клеток-резидентств, но также обеспечивать их сигнальными молекулами (в частности, факторами роста), необходимыми для поддержания клеточного гомеостаза и адгезии [4]. Основными преимуществами применения ВКМ в качестве раневого покрытия являются его неиммуногенность, способность создавать уникальное тканеспецифическое микроокружение для резидентных клеток, а также биодegradировать [5].

Одним из наиболее доступных источников ВКМ являются ткани плаценты человека, в частности, амниотическая оболочка. Основными структурными компонентами ВКМ плацентарных тканей являются коллагены, ламинин, фибронектин, эластин и протеогликаны [6]. Также ВКМ содержит различные факторы роста, способные регулировать процессы клеточной жизнедеятельности [7].

Коллагены составляют более 90% сухого веса ВКМ. Выделяют фибриллярные (I, II, III, V типа и др.) и нефибриллярные коллагены, например, коллаген IV типа – основной компонент базальных мембран. Главная функция коллагенов состоит в обеспечении прочности и упругости тканей, они также способны регулировать такие аспекты клеточной жизнедеятельности, как адгезия, хемотаксис и миграция. Ламинины – важные компоненты базальных мембран, образующие в них сети и взаимодействующие с молекулами коллагена IV типа, а также с эпителиальными клетками через клеточные рецепторы (интегрины), регулируя, таким образом, дифференцировку, адгезию и миграцию клеток. Фибронектин – еще один фибрилформирующий гликопротеин ВКМ. В его структуре присутствуют домены, позволяющие ему взаимодействовать с коллагенами, гликозаминогликанами и клеточными рецепторами-интегринами, обеспечивая таким образом взаимодействие между клетками и внеклеточным матриксом. Также фибронектин участвует в регуляции клеточной адгезии, миграции и пролиферации. Эластин представляет собой гидрофобный фибриллярный белок, имеющий в своей структуре множество межмолекулярных ковалентных сшивок, за счет которых он и приобретает свойство эластичности. Из эластина формируются эластические волокна, снаружи их покрывает оболочка из микрофибрилл, в состав которых входят гликопротеины из группы фибриллина, и именно эти волокна обеспечивают обратимое растяжение и упругость тканей. Протеогликаны взаимодействуют со многими компонентами ВКМ, регулируя его организацию, передачу сигналов, клеточную адгезию и рост. Также благодаря гликозаминогликанам они придают ВКМ гидрофильные свойства и позволяют ему связывать большое количество воды [6].

Процесс получения ВКМ тканей сопряжен с процессом децеллюляризации. Успешная децеллюляризация предполагает выполнение двух условий: высокой степени очистки ВКМ от иммуногенного клеточного материала, а также сохранения состава и функциональности получаемого матрикса [8]. На сегодняшний день существует множество подходов к децеллюляризации тканей, наиболее часто используется комбинация различных методов: химических, физических и биологических.

Подбор оптимального протокола подготовки и децеллюляризации биоматериала, позволяющего сохранить регенеративный потенциал, а также обеспечить низкую иммуногенность получаемого ВКМ, одна из важнейших задач при получении раневых покрытий на его основе. Представленное исследование посвящено исследованию покрытий из ВКМ плаценты человека, полученных двумя различными протоколами децеллюляризации для регенерации на модели химического ожога.

Материалы и методы

Биоматериал был получен от здоровых рожениц в возрасте от 22 до 39 лет (средний возраст составил $29 \pm 3,7$ года) при отсутствии стандартных противопоказаний к донорам с одноплодной, физиологически протекавшей беременностью, закончившейся кесаревым сечением, после подписания добровольного информированного согласия.

Обработка биоматериала состояла из следующих этапов: сепарация амниотической оболочки от остальных тканей плаценты, отмывание от кровяных сгустков, деконтаминация в 0,9% р-ре NaCl с добавлением антибактериальных препаратов в течение 24 часов. Далее амниотическая оболочка криоконсервировалась при -80°C , в замороженном виде ткани хранились до этапа децеллюляризации. Децеллюляризация амниотических оболочек осуществлялась согласно двум протоколам: SDS-протокол и NaOH-протокол [9,10].

SDS-протокол включал в себя последовательную обработку тканей растворами додецилсульфата натрия (SDS) разной концентрации: 0,1% р-ром в течение 12 часов, 0,5% р-ром в течение 12 часов, 1% р-ром в течение 6 часов. Далее ткани обрабатывались 0,5% р-ром Triton-X100 в течение 2 часов, однократно промывались 0,1M р-ром NaOH и трижды отмывались в однократном р-ре фосфатно-солевого буфера (1xPBS) с пенициллином-стрептомицином (250 мкг/мл) в течение 30 минут. На заключительном этапе проводили УФ-стерилизацию покрытий в течение 15 минут.

NaOH-протокол включал в себя инкубацию тканей в 0,2% р-ре ЭДТА в течение 30 минут, обработку 0,5M р-ром NaOH в течение 30 секунд с последующей нейтрализацией 5% р-ром NH_4Cl , трехкратное отмывание в р-ре 1xPBS с пенициллином-стрептомицином (250 мкг/мл) и УФ-стерилизацию в течение 15 минут.

Все манипуляции осуществлялись в условиях ламинарного потока в стерильном боксе с использованием стерильных растворов и инструментов. Полученные образцы ВКМ хранились не более 24 часов в чашках Петри в растворе стерильного однократного фосфатно-солевого буфера при температуре $+4^{\circ}\text{C}$.

Оценка качества получаемых ВКМ осуществлялась с помощью гистологического исследования образцов: окрашивание гематоксилином и эозином (оценка остаточных клеточных ядер и мембран), иммуногистохимического исследования (ИГХ) на коллаген I, III, IV и VI типов, ламинин, эластин, фибронектин. Проводили экспресс-

оценку качества ВКМ по завершению децеллюляризации методом флуоресцентной микроскопии (BioTek, США) с предварительным окрашиванием образцов интеркалирующим красителем DAPI (Sigma Aldrich, США).

В исследование были включены 9 лабораторных животных (белые крысы-самцы линии Wistar, весом $210,0 \pm 30,0$ г в возрасте 8–12 недель), полученных из специализированного питомника «Пушино», а также имеющих соответствующее ветеринарное свидетельство и прошедших карантин. Химический ожог моделировали путем наложения куска ткани размером 2x2 см, пропитанного 50% трифторуксусной кислотой, на спину животного в течение 20 секунд.

Лабораторные животные были разделены на 3 группы случайным образом ($n=3$): контрольная группа - не получала лечения, и две группы с терапией раневой поверхности покрытиями из ВКМ на 14 сутки плацентарной ткани, полученной по соответствующему протоколу децеллюляризации: группа с терапией ВКМ-NaOH и группа с терапией ВКМ-SDS. Покрытие наносилось на раневую поверхность сразу после снятия струпа и фиксировалось медицинским клеем БФ-6.

Наблюдение за лабораторными животными осуществляли в течение 42 суток: оценивали течение раневого процесса путем планиметрических (измерение поражения кожного покрова с помощью линейки и цифрового фотоаппарата для дальнейшего расчета площади измененной кожи с помощью программного обеспечения ImageTool) и гистологических исследований.

Для оценки статистической достоверности наблюдаемых различий был использован t-критерий Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,01$.

Результаты

Гистологические исследования и флуоресцентная микроскопия образцов ВКМ показали, что децеллюляризация плацентарных тканей SDS-протоколом обеспечивает высокую степень очистки ВКМ от остаточного клеточного материала. В случае децеллюляризации плацентарных тканей NaOH-протоколом в полученных ВКМ обнаружены остаточный ядерный материал и единичные безъядерные «клетки-тени» (рис 1).

В тоже время результаты иммуногистохимических исследований показали, что образцы ВКМ, полученные NaOH-протоколом, демонстрирует наиболее широкий спектр функционально значимых белков и гликопротеинов в своем составе: коллаген I, III, IV и VI типов, эластин, ламинин и фибронектин в сравнении с ВКМ-SDS (табл. 1, рис 2).

Планиметрические исследования течения раневого процесса (химического ожога) у лабораторных животных показали, что общая площадь раневой поверхности на 42 день наблюдений была достоверно меньше у лабораторных животных, в группе с терапией ВКМ-NaOH по сравнению с группой контроля ($0,96 \pm 0,32$ см² и $2,03 \pm 0,26$ см²



Рис. 1. Результаты гистологического исследования образца ВКМ амниотической оболочки (окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 400$): а – участок ткани, децеллюляризованный согласно SDS-протоколу, б – участок ткани, децеллюляризованный согласно NaOH-протоколу

Fig. 1. Results of histological examination of the amniotic membrane ECM sample (staining with hematoxylin and eosin, magnification $\times 400$): а – tissue section decellularized according to the SDS protocol, б – tissue section decellularized according to the NaOH protocol

Таблица 1

Результаты иммуногистохимических исследований образцов ВКМ в зависимости от протокола
Results of immunohistochemical studies of ICM samples depending on the protocol

NaOH-протокол		SDS-протокол	
Внешняя часть ВКМ	Внутренняя часть ВКМ	Внешняя часть ВКМ	Внутренняя часть ВКМ
Коллаген I	Коллаген I	–	Коллаген I
Коллаген III	Коллаген VI		Коллаген VI
Коллаген IV	Фибронектин		Фибронектин
Фибронектин			
Ламинин			
Эластин			

соответственно, $p \leq 0,01$). Достоверных различий в значениях площадей открытой раневой поверхности между исследуемыми группами животных не наблюдалось (табл. 2).

Таблица 2

Результаты иммуногистохимических исследований образцов ВКМ
Results of immunohistochemical studies of ICM samples

Сутки	Общая площадь, cm^2			Открытая раневая поверхность, cm^2		
	К	SDS	NaOH	К	SDS	NaOH
14	4,70 \pm 0,69	4,16 \pm 0,37	4,70 \pm 0,96	3,21 \pm 0,77	3,00 \pm 0,54	3,59 \pm 0,91
21	3,26 \pm 0,20	2,89 \pm 0,31	3,77 \pm 1,10	1,87 \pm 0,69	1,17 \pm 0,46	1,25 \pm 0,33
28	2,93 \pm 0,33	2,38 \pm 0,23	2,14 \pm 0,71	0,18 \pm 0,31	0,33 \pm 0,30	0,34 \pm 0,12
35	2,16 \pm 0,50	1,54 \pm 0,99	1,61 \pm 0,39	0,07 \pm 0,12	0,11 \pm 0,10	0,06 \pm 0,10
42	2,03 \pm 0,26	1,43 \pm 0,41	0,96 \pm 0,32*	0	0	0

Гистологическая оценка образцов препаратов химического ожога на 42 сутки наблюдения также показала, что группа животных, получавших терапию ВКМ-NaOH, продемонстрировала наилучшие результаты по трем из четырех оцениваемых параметров: количеству зачатков волосных фолликулов, толщине зоны фиброза, наличию воспалительной инфильтрации в глубоких слоях дермы (табл. 3, рис.3).

Выводы

Получение покрытий согласно более агрессивному и длительному SDS-протоколу децеллюляризации (использование детергентов, длительность процедуры около 2-х суток) обеспечивает наиболее эффективную элиминацию остаточных клеточных компонентов из ВКМ, однако снижает его регенеративный потенциал по сравнению с покрытием из ВКМ, полученного согласно щадящему NaOH-протоколу (длительность процедуры 1,5–2 часа). Опираясь на результаты иммуногистохимического исследования можно предположить, что это связано с утратой ВКМ-SDS компонентов, играющих важную роль в процессе регенерации ожоговой раны: коллагена III и IV типов, а также гликопротеинов ламинина и эластина.

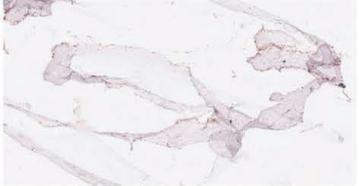
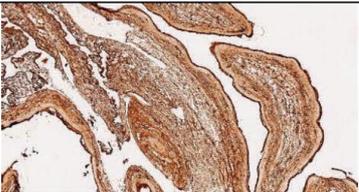
	SDS-протокол	NaOH-протокол
Коллаген I типа		
Коллаген III типа		
Коллаген IV типа		
Коллаген VI типа		
Эластин		
Ламинин		
Фибронектин		

Рис. 2. ИГХ-окрашивание децеллюляризованного ВКМ (увеличение x100)
 Fig. 2. IHC staining of decellularized ECM (magnification x100)

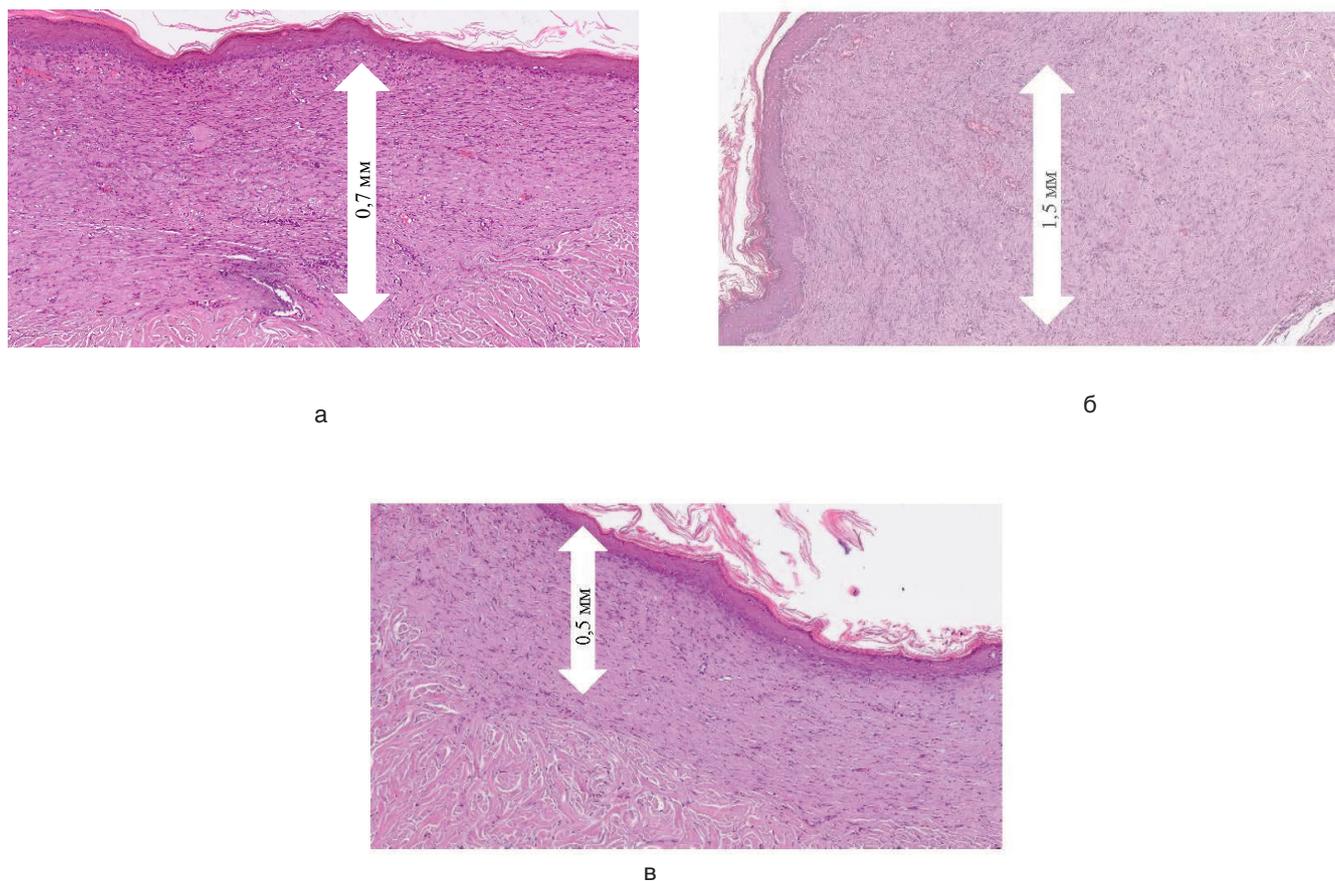


Рис. 3. Гистологическая картина на 42 день наблюдения (окраска гематоксилин и эозин, увеличение $\times 100$, стрелками указана толщина зоны фиброза): а – контроль, б – SDS-протокол, в – NaOH-протокол

Fig. 3. Histological picture on the 42nd day of observation (hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 100$, arrows indicate the thickness of the fibrosis zone): a – control, b – SDS protocol, c – NaOH protocol

Таблица 3

Сравнение гистологических показателей исследуемых групп на 42 день наблюдения
Comparison of histological parameters of the study groups on the 42nd day of observation

Параметр	Контроль	SDS	NaOH
Зачатки волосяных фолликулов	> 30%	> 60%	> 60%
Толщина зоны фиброза	до 0,7 мм	до 1,5 мм	до 0,6 мм
Воспалительная инфильтрация в поверхностных отделах дермы (лимфоцитарная)	> 30%	> 60%	> 90%
Воспалительная инфильтрация в глубоких отделах дермы (плазмо-лимфоцитарная)	> 60%	> 30%	> 30%

Таким образом, результаты проведенного исследования подчеркивают важность выбора оптимального протокола децеллюляризации, позволяющего сохранять баланс между уровнями неиммуногенности внеклеточного матрикса (элиминации клеточных компонентов) и ее терапевтическим потенциалом (составом внеклеточного матрикса) с целью сохранения высокого регенеративного потенциала раневых поверхностей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев А.А., Попов С.В. Принципы организации и оказания медицинской помощи пострадавшим от ожогов: Сборник тезисов конференции «Актуальные вопросы лечения термической травмы», Якутск, 7-11 сентября 2015 // Комбустиология. 2015. №55. С. 13–14.
2. Ожоги термические и химические. Ожоги солнечные. Ожоги дыхательных путей: Клинические рекомендации. М.: Минздрав России, 2017. 118 с. Электронный ресурс: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/687_1
3. Кузнецов В.А., Попов С.В. Химические ожоги: патогенез, клиника, лечение // Комбустиология. 2003. №16–17. Электронный ресурс: <https://combustiolog.ru/journal/himicheskie-ozhogi-patogenez/klinika-lechenie>
4. Исаева Е.В., Бекетов Е.Е., Аргучинская Н.В., Иванов С.А., Шегай П.В., Каприн А.Д. Децеллюляризованный внеклеточный матрикс для тканевой инженерии (обзор) // Современные технологии в медицине. 2022. Т.14. №3. С. 57.
5. Cramer M.C., Badylak S.F. Extracellular Matrix-Based Biomaterials and their Influence Upon Cell Behavior // *Ann Biomed Eng.* 2020. V.48. No.7. P. 2132–2153.
6. Ji W., Wen J., Lin W., He P., Hou B., Quan S. Comparing the Characteristics of Amniotic Membrane-, Endometrium-, and Urinary-Derived ECMs and their Effects on Endometrial Regeneration in a Rat Uterine Injury Model // *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2022. No.10. P. 861496.
8. Kawecki M., Łabuś W., Klama-Baryła A., et al. A Review of Decellularization Methods Caused by an Urgent Need for Quality Control of Cell-Free Extracellular Matrix Scaffolds and their Role in Regenerative Medicine // *J. Biomed. Mater. Res.* 2018 Feb. V.106. No.2. P. 909-923. doi: 10.1002/jbm.b.33865
9. Khosravimelal S., Momeni M., Gholipur M., et al. Protocols for Decellularization of Human Amniotic Membrane // *Methods Cell Biol.* 2020. No.157. P. 37-47. doi: 10.1016/bs.mcb.2019.11.004
10. Lakkireddy C., Vishwakarma S.K., Raju N., et al. Fabrication of Decellularized Amnion and Chorion Scaffolds to Develop Bioengineered Cell-Laden Constructs // *Cell Mol Bioeng.* 2021 Sep. V.15. No.1. P. 137-150. doi: 10.1007/s12195-021-00707-7.

REFERENCES

1. Alekseyev A.A., Popov S.V. Principles of Organizing and Providing Medical Care to Burn Victims: Collection of Abstracts of the Conference Aktual'nyye Voprosy Lecheniya Termicheskoy Travmy = Current Issues of Thermal Injury Treatment, Yakutsk, September 7-11, 2015. *Kombustiologiya = Combustiology.* 2015;55:13-14 (In Russ.).
2. Ozhogi Termicheskkiye i Khimicheskkiye. Ozhogi Solnechnyye. Ozhogi Dykhatel'nykh Putey = Thermal and Chemical Burns. Sunburns. Respiratory Tract Burns. Clinical Guidelines. Moscow, Ministry of Health of the Russian Federation Publ., 2017. 118 p. (In Russ.). URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/687_1
3. Kuznetsov V.A., Popov S.V. Chemical Burns: Pathogenesis, Clinical Features, Treatment. *Kombustiologiya = Combustiology.* 2003;16–17 (In Russ.). URL: <https://combustiolog.ru/journal/himicheskie-ozhogi-patogenez/klinika-lechenie>
4. Isayeva Ye.V., Beketov Ye.Ye., Arguchinskaya N.V., Ivanov S.A., Shegay P.V., Kaprin A.D. Decellularized Extracellular Matrix for Tissue Engineering (Review). *Sovremennyye Tekhnologii v Meditsine = Modern Technologies in Medicine.* 2022;14;3:57 (In Russ.).
5. Cramer M.C., Badylak S.F. Extracellular Matrix-Based Biomaterials and their Influence Upon Cell Behavior. *Ann Biomed Eng.* 2020;48;7:2132–2153.
6. Sarvari R., Keyhanvar P., Agbolaghi S., et al. A Comprehensive Review on Methods for Promotion of Mechanical Features and Biodegradation Rate in Amniotic Membrane Scaffolds. *J. Mater Sci.: Mater. Med.* 2022;33:32.
7. Ji W., Wen J., Lin W., He P., Hou B., Quan S. Comparing the Characteristics of Amniotic Membrane-, Endometrium-, and Urinary-Derived ECMs and their Effects on Endometrial Regeneration in a Rat Uterine Injury Model. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2022;10:861496.
8. Kawecki M., Łabuś W., Klama-Baryła A., et al. A Review of Decellularization Methods Caused by an Urgent Need for Quality Control of Cell-Free Extracellular Matrix Scaffolds and their Role in Regenerative Medicine. *J. Biomed. Mater. Res.* 2018 Feb;106;2:909-923. doi: 10.1002/jbm.b.33865
9. Khosravimelal S., Momeni M., Gholipur M., et al. Protocols for Decellularization of Human Amniotic Membrane. *Methods Cell Biol.* 2020;157:37-47. doi: 10.1016/bs.mcb.2019.11.004
10. Lakkireddy C., Vishwakarma S.K., Raju N., et al. Fabrication of Decellularized Amnion and Chorion Scaffolds to Develop Bioengineered Cell-Laden Constructs. *Cell Mol Bioeng.* 2021 Sep;15;1:137-150. doi: 10.1007/s12195-021-00707-7.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 11.02.2025. Принята к публикации: 28.02.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.
Article received: 11.02.2025. Accepted for publication: 28.02.2025

К.И. Медведев, А.А. Завьялов
**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАРУШЕНИЯ ПОСЛЕ МАСТЭКТОМИИ.
МЕТОДЫ ИХ КОРРЕКЦИИ**

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Медведев Кирилл Игоревич: kirillme11@yandex.ru

Резюме

В 2023 году в Российской Федерации выявлено более 70 тыс. случаев рака молочной железы (РМЖ). А на диспансерном учёте состоит более 794 тыс. пациентов. Хирургическое лечение в самостоятельном варианте или как этап комбинированного лечения широко используется практически при всех стадиях онкологического процесса. Активно используются различные виды органосохраняющих операций, односторонних и двусторонних мастэктомий, с последующими одномоментными или отсроченными реконструкциями.

Существенным недостатком мастэктомий является возникновение различного вида функциональных нарушений анатомо-физиологических функций, которые приводят к проблемам психологического характера и нарушению качества жизни пациенток.

Статистические данные указывают на высокую распространенность функциональных нарушений, которые возникают после мастэктомии. Более глубокое понимание этой проблемы необходимо для разработки индивидуальных и персонализированных методов комплексной реабилитации с использованием как немедикаментозных, так и медикаментозных методов. Такой многокомпонентный подход позволит эффективно решать физические, психологические, функциональные проблемы, с которыми сталкиваются пациенты, и улучшить их качество жизни. В данном обзоре представлены материалы помогающие расширить представления о нервно-мышечных синдромах и функциональных нарушениях, связанных с поражением опорно-двигательного аппарата после мастэктомии. А также указаны подходы используемые для их коррекции.

Ключевые слова: рак молочной железы, мастэктомия, функциональные нарушения, постмастэктомический синдром, методы коррекции

Для цитирования: Медведев К.И., Завьялов А.А. Функциональные нарушения после мастэктомии. Методы их коррекции // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 59–64. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-59-64

K.I. Medvedev, A.A. Zavialov

Functional Disorders after Mastectomy. Methods for Their Correction

International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Medvedev Kirill Igorevich: kirillme11@yandex.ru

Abstract

In 2023, more than 70,000 cases of breast cancer were detected in the Russian Federation, and there are more than 794,000 patients registered at the dispensary. Surgical treatment is widely used as a standalone treatment or as part of a combined treatment in almost all stages of the cancer process. Various types of breast-conserving surgeries, including unilateral and bilateral mastectomy, are actively performed, followed by immediate or delayed reconstruction.

However, a significant disadvantage of these surgeries is the occurrence of functional disorders in anatomical and physiological functions that can lead to psychological issues and a decline in patients' quality of life.

Statistical data indicate a high prevalence of functional disorders that can occur after mastectomy. To develop individual and personalized methods for complex rehabilitation, it is necessary to have a better understanding of these problems. This requires both non-medical and medical approaches. A multicomponent approach can effectively address the physical, psychological, and functional issues faced by patients, improving their quality of life.

This review provides materials that can help us better understand neuromuscular syndromes and functional disorders associated with musculoskeletal damage after mastectomy.

Keywords: breast cancer, mastectomy, functional disorders, postmastectomy syndrome, methods for correction

For citation: Medvedev K.I., Zavialov A. A. Functional Disorders after Mastectomy. Methods for Their Correction. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.2:59-64. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-59-64

Введение

В 2023 году в Российской Федерации выявлено более 70 тыс. случаев рака молочной железы (РМЖ). А на диспансерном учёте состоит более 794 тыс. человек [1].

Хирургическое лечение является одним из самых эффективных методов лечения РМЖ, предлагая различные виды органосохранных операций и мастэктомий с последующими одномоментными и отсроченными реконструкциями [2].

В когортном исследовании из США с использованием национальной базы данных по раку (National Cancer Database), с 2008 по 2020 год было проанализировано 988 666 пациенток с начальной стадией РМЖ, где первым этапом было выполнено хирургическое лечение. Согласно полученным данным в 2020 году частота органосохранного хирургического лечения составила 70.6%, частота односторонней и билатеральной мастэктомии составляет 18.1% и 11.3% соответственно [3].

Несмотря на уменьшение частоты выполнения мастэктомий, данная операция широко используется и имеет высокую онкологическую эффективность [4]. Однако, существенный недостаток данного вида оперативного лечения заключается в возникновении различного вида функциональных нарушений анатомо-физиологических функций, которые приводят к возникновению проблем психологического характера и нарушению качества жизни пациенток [5].

В числе нарушений преобладают синдромы с поражением опорно-двигательного аппарата, нервно-мышечные и лимфоваскулярные синдромы [6].

Зачастую, совокупность клинических проявлений, которые возникают у пациенток, перенесших мастэктомию, называют постмастэктомический синдром. Однако в это понятие входят не только физические проявления, но и эмоциональные, социальные и сексуальные проблемы [7].

Для устранения функциональных нарушений требуется комплексный подход, включающий физиотерапию, фармакологическую терапию, физические упражнения и при необходимости хирургическое лечение [8].

Очень важно понимать механизм возникновения данных функциональных нарушений, иметь представление о различных методах их лечения и профилактики. С учетом новых знаний, появится возможность разрабатывать методы комплексной реабилитации пациентов, оказывать психологическую поддержку на протяжении всего этапа восстановления, что в конечном итоге приведет к улучшению качества жизни и более удовлетворительным результатам противоопухолевого лечения [9].

В данном обзоре представлены материалы помогающие лучше понять нервно-мышечные синдромы и функциональные нарушения, связанные с поражением опорно-двигательного аппарата.

Нервно-мышечные нарушения.

Постмастэктомический болевой синдром

Впервые постмастэктомический болевой синдром (ПМБС) был описан еще в 1970-х годах как

постоянная, тупая, жгучая и ноющая боль в области грудной клетки, подмышечной впадины и ипсилатеральной верхней конечности, на стороне, где была проведена мастэктомия в течении более 3 месяцев [10]. Изначально считалось, что ПМБС является относительно редким осложнением, однако в настоящее время, по различным оценкам, он затрагивает от 20% до 68% пациентов, перенёсших мастэктомию [11].

Наиболее распространенной причиной возникновения ПМБС является повреждение n. intercosto-brachialis, medial anterior thoracic, lateral anterior thoracic, thoracodorsal, long thoracic nerves, и II-VI n. intercostalis вовремя хирургического лечения и вследствие этого возникновение травматических невропатий [12].

При этом существует и множество других факторов возникновения ПМБС. В систематическом обзоре и метаанализе L. Wang и др.-обобщающем результаты 30 исследований с участием более 19 тыс. пациентов, которым проведено хирургическое лечение РМЖ, были выявлены предикторы увеличения вероятности возникновения хронической боли. К ним отнесли: выполнение подмышечной лимфодиссекции, последующая лучевая терапия, более молодой возраст пациентов и наличие острой пред и послеоперационной боли [13].

У пациентов с ПМБС значительно снижаются показатели физической и социальной активности, возникают проблемы сексуального, эмоционального и психологического характера, что значительно снижает качество жизни. Для решения этих проблем необходимо проведение комплекса реабилитационных мероприятий [14].

При выборе тактики лечения ПМБС предпочтение должно быть отдано немедикаментозным методам, одними из которых является физиотерапия и лечебная физкультура. Рекомендуются начинать упражнения уже на следующий день после операции с постепенным усилением амплитуды и нагрузки в течении 6-8 недель, до достижения изначального диапазона движений в верхней конечности [15].

В своем метаанализе P.Kannan и соавторы оценивали влияние физических упражнений, миофасциального массажа, иглоукалывания, компрессионной терапии, комплексной противоотечной терапии и кинезиотейпирования на улучшение качества жизни и уменьшение выраженности болевого синдрома у пациенток после проведения мастэктомии. По полученным данным, в группах, где выполнялись различные виды физических упражнений, такие как: силовые тренировки, аэробные упражнения на беговой дорожке и в воде, упражнения на растяжку и спокойная ходьба было продемонстрировано значительное снижение интенсивности боли и статистически значимое влияние на общее, физическое и психологическое здоровье, и в следствии улучшение качества жизни по сравнению с контрольными группами. Анализ других использованных методов также показал снижение интенсивности боли и статистически значимую эффективность по сравнению с контрольными группами. Однако, был сделан вывод, что, учитывая малый

размер выборки, для подтверждения эффективности данных необходимы дальнейшие исследования [16].

В двойном слепом рандомизированном контролируемом исследовании с участием 61 человека оценивали долгосрочный эффект высокоинтенсивной лазерной терапии (НИЛТ-терапия). НИЛТ-терапию в комбинации со стандартной физиотерапией получали 30 человек, а у 31 испытуемого использовали стандартную программу физиотерапии. НИЛТ проводилась импульсным Nd:YAG-лазером на аппарате HIRO 3 и включала в себя 15-минутные сеансы лечения 3 раза в неделю в течение 4 недель. Общая энергетическая доза за 1 сеанс составляла 3000 Дж. Через 12 недель в исследуемой группе значительно увеличился диапазон движений в плечевом суставе, снизились показатели боли по шкале ВАШ и улучшилось качество жизни [17].

В систематическом обзоре A.G. Chappell и др. было проанализировано 10 уникальных методов лечения ПМБС. Они включали в себя аутотрансплантацию жировой ткани, операции на периферических нервах, микрохирургические трансплантации лимфатических сосудов, блокады и радиочастотные абляции нервов, импульсная лазерная терапия, применение антидепрессантов, нейромодуляторов, местной медикаментозной терапии, физиотерапии, когнитивной психотерапии. Обзор продемонстрировал разнообразие способов, которые могут доказанно облегчить боль, однако не одна из методик не является универсальной и имеет различные побочные эффекты [18].

Эти данные подтверждают необходимость применения мультимодального, мультидисциплинарного и персонализированного подхода к лечению каждого пациента с ПМБС.

Синдром фантомной груди (СФГ)

Клинические проявления СФГ заключаются в возникновении болезненных или безболезненных ощущений, таких как зуд или покалывание в удаленной молочной железе. Главное отличие позволяющее отличить СФГ от других видов боли является наличие этих симптомов только в отсутствующей груди, без каких-либо ощущений в грудной стенке, подмышечной впадине или руке. Частота встречаемости этого синдрома варьирует от 0% до 19% по данным разных авторов [19].

Основным механизмом возникновения СФГ является травматическое повреждение нервов во время хирургического лечения [20]. При этом существуют данные о корреляции СФГ и веса удаленной молочной железы, что подтверждено несколькими многофакторными анализами. Авторы приходят к мнению, что это связано с увеличением риска повреждения нервов при большем размере молочной железы, также сообщается о связи СФГ и проведением адьювантной лекарственной терапии на основе циклофосфида, эпирубицина и фторурацила, но не на основе таксанов. Частота возникновения СФГ была выше у пациентов, проходивших данную лекарственную терапию [21].

Существует несколько методов лечения, которые потенциально могут помочь устранить СФГ. Один

из них — это десенсибилизация и переработка движениями глаз (ДПДГ, EMDR) - метод психотерапии, разработанный Френсином Шапиро для лечения посттравматических стрессовых расстройств. Он эффективно зарекомендовал себя в лечении фантомной боли у пациентов с ампутированными конечностями, и может быть эффективной и при СФГ [22]. Проведение паравертебральных блокад также демонстрируют высокую эффективность снижая частоту возникновения боли, а также физические и эмоциональные нарушения [23]. Другие виды лечения включают в себя применение антидепрессантов и анальгетических препаратов [24].

Использование техники мастэктомии с сохранением межреберно-плечевых нервов — это хирургическая методика, направленная на предотвращение возникновения болевых ощущений после мастэктомии, уменьшение чувствительных расстройств и улучшение качества жизни пациенток [25]. В исследовании Обманова И.В. и др. сохранение nn. Intercostobrachiales позволило уменьшить выраженность болевого синдрома, сохранить чувствительность на стороне хирургического лечения и за счет этого, значительно повысить качество жизни [26].

В другом исследовании A.W. Peled и др. сообщалось, что при применении нервосберегающих методик оперативного пособия, сохранялась чувствительность сосково-ареолярного комплекса в 87% и отсутствовали явления травматических невропатий [27].

Поражение опорно-двигательного аппарата. Миофасциальный болевой синдром (МБС)

МБС — это хроническая мышечно-скелетная боль с наличием локальных миофасциальных триггерных зон (МТЗ) — участков локального мышечного спазма, который индуцирован травмой или продолжительным напряжением и сокращением мышцы. МТЗ обычно появляются после операции, вызывая локальный болевой синдром, изменение чувствительности, снижение амплитуды движений и наличие отраженной боли [28]. У пациенток, которым проведено хирургическое лечение РМЖ, МТЗ обычно определяются в мышцах плечевого пояса, в частности в широчайшей мышце спины, передней зубчатой, большой грудной, подостной и верхней части трапециевидной мышцы. Установлено, что у пациенток с РМЖ распространенность данного синдрома составляет до 44.8% [29].

Стоит отметить, что согласно исследованию Fernandez-Lao и др. нет существенных различий в распространенности возникновения МТЗ в группах пациенток, которым была проведена мастэктомия или лампэктомия [30].

На сегодняшний день разработаны различные методы лечения пациенток с МБС.

Физические упражнения являются одним из важнейших аспектов реабилитации и лечения МБС. Программа реабилитации должна включать в себя упражнения на растяжку, которая улучшает подвижность суставов, что приводит к уменьшению боли, повышению объема движений и восстановлению нормальной активности в верхней конечности. После

этого необходимо добавить силовые упражнения, которые помогут повысить мышечную выносливость и выработать новые двигательные паттерны [31].

Также необходимо обучать пациентов выполнять комплексы упражнений и растяжки самостоятельно, это позволит им выполнять их в домашних условиях и закреплять и поддерживать полученный результат реабилитации [32].

В настоящее время используются несколько методов электротерапии для уменьшения боли при МБС, включая различные виды чрезкожных электростимуляций (ЧЭНС-терапия) и электромиостимуляций (ЭМС), которые показали уменьшение болевого синдрома и сохранение достигнутого эффекта в течении 3 месяцев после курса лечения [33].

Еще одним методом реабилитации является ультразвуковая терапия, которая воздействует на ткани механической и тепловой энергией и улучшает кровообращение, метаболизм и повышает эластичность тканей. Несколько исследований показали, что использование ультразвука в самостоятельном варианте или в сочетании с физическими упражнениями способствует уменьшению боли [34].

Таким образом, ультразвуковая терапия может быть эффективным дополнительным методом лечения МБС.

Другие методы, включая инъекции местных анестетиков и акупунктура также доказали свою эффективность в облегчении хронической боли, связанной с МБС. К медикаментозным методам купирования МБС относят применение нестероидных противовоспалительных средств (НПВС), миорелаксантов, бензодиазепинов, ингибиторов обратного захвата серотонина и норадреналина, трициклических антидепрессантов и лидокаиновых пластырей [35].

Адгезивный капсулит (АК)

АК или «замороженное плечо», характеризуется болью и потерей пассивной и активной подвижности плечевого сустава. В основе его патогенеза лежат воспаление и последующие фиброзные изменения в капсуле и синовиальных сумках сустава [36]. Согласно данным представленным Lee и др. ограничение подвижности плеча возникает у 1-67% пациентов после хирургического лечения РМЖ [37]. Считается, что течение АГ проходит три стадии: Первая стадия, или стадия болезненной скованности, длится от 2 до 9 месяцев, при этом пациенты отмечают острую, разлитую боль в плечевом суставе, усиливающуюся к ночи и постепенное нарастание скованности. Вторая стадия, или стадия «замораживания», длится от 4 до 12 месяцев, характеризуется стиханием болевого синдрома и достижения максимальной скованности и потери подвижности плечевого сустава. Третья стадия, или стадия «оттаивания», характеризуется постепенным восстановлением функциональной способности и протекает от 5 месяцев до 2 лет [38].

И хотя АК имеет тенденцию к саморазрешению, исследования показывают, что у значи-

тельной части пациентов (от 20 до 50%) симптомы могут сохраняться более двух лет. Несмотря на то, что сама по себе мастэктомия не приводит к повреждению плечевого сустава, сопровождающая её боль, напряжение в грудных мышцах, погрешности в хирургической укладке, изменения в биомеханике работы сустава и перенимание статических поз создает нагрузку и напряжение на плечевой сустав, что приводит к ограничению подвижности и последующему развитию вторичного АГ [39].

Лечение АГ должно быть комбинированным и включать в себя методы, направленные как на обезболивание, так и на улучшение подвижности в суставе.

Медикаментозные методы лечения включают в себя приём НПВС, выполнение внутрисуставных инъекций глюкокортикостероидов, которые имеют доказанную эффективность как в облегчении боли, так и в улучшении подвижности в плечевом суставе. Улучшение результатов лечения наблюдается при комбинации инъекций с выполнением упражнений на растяжку, укреплением мышц и стабилизацию лопаток, что улучшает подвижность плеча и качество жизни пациентов. Комбинация внутрисуставных инъекций с физиотерапевтическими методиками такими как электротерапия и мобилизация суставов имеет значительные преимущества по сравнению с применением только инъекций или только физиотерапией [40].

Также применяются инъекции гиалуроновой кислоты и обогащенной тромбоцитами плазмы, которая способствует выработке стволовых клеток и улучшает процесс заживления, при этом уменьшая болевой синдром [41].

В обзоре Matthew J Page и др. сравнивали эффективность различных методов электротерапии между собой, с плацебо, с отсутствием лечения или другими различными методиками. Всего в обзор было включено 19 исследований с участием 1249 человек. Авторы не получили убедительных доказательств, что применение различных методик электротерапии в самостоятельном варианте или в комбинации более эффективны, чем другие методы лечения (например, инъекции кортикостероидов). При этом, стоит отметить, что использование электротерапии может быть альтернативой у пациентов, которые имеют противопоказания к применению кортикостероидов [42].

В проспективном контролируемом исследовании Chih-Yu Chen и др. сравнивалось применение экстракорпоральной ударно-волновой терапии при АК с приемом пероральных кортикостероидов, оно показало заметное улучшение пассивной функции сустава и повседневной активности в группе ударно-волновой терапии [43].

Существует возможность применения метода гидродистенции под УЗ-контролем, который заключается в ведении в полость сустава 30–50 мл специального раствора, содержащего 0,9% физиологический раствор, 1% лидокаин, 0,25% бупивакаин и 40 мг триамцинолона. Основная цель заключается в обеспечении достаточного растяжения сустава, без разрыва капсулы [44]. Гидродистенция имеет

доказанную эффективность у пациентов с АК в краткосрочной перспективе, однако при более длительном наблюдении не было выявлено различий в эффективности гидродистенции по сравнению с внутрисуставными инъекциями кортикостероидов [45].

Заключение

Таким образом, заболеваемость раком молочной железы остается на достаточно высоком уровне. Оперативное лечение является неотъемлемой составляющей комбинированной терапии. Статисти-

ческие данные указывают на высокую распространенность функциональных нарушений, которые возникают после хирургического лечения РМЖ. Более глубокое понимание этой проблемы необходимо для разработки индивидуальных и персонализированных методов комплексной реабилитации с использованием как немедикаментозных, так и медикаментозных методов. Только комплексный подход позволит эффективно решать физические, психологические, функциональные проблемы, с которыми сталкиваются пациенты этой категории.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

- Zlokachestvennyye novoobrazovaniya v Rossii v 2023 godu (zabol'evаемость i smertnost') / Под ред. А.Д.Каприна и др. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал «НМИЦ радиологии», 2024. 276 с. [Zlokachestvennyye Novoobrazovaniya v Rossii v 2023 Godu (Zabol'evayemost' i Smertnost') = Malignant Neoplasms in Russia in 2023 (Incidence and Mortality). Ed. A.D. Kaprin, et al. Moscow, MNI OI im. P.A. Gertsena – Filial «NMITs Radiologii» Publ., 2024. 276 p. (In Russ.)]. ISBN 978-5-85502-298-8.
- Lovelace D.L., McDaniel L.R., Golden D. Long-Term Effects of Breast Cancer Surgery, Treatment, and Survivor Care. *J Midwifery Womens Health*. 2019;64;6:713-724. doi: 10.1111/jmwh.13012.
- Fefferman M., Nicholson K., Kuchta K., Pesce C., Kopkash K., Yao K. Rates of Bilateral Mastectomy in Patients with Early-Stage Breast Cancer. *JAMA Netw Open*. 2023;6;1:e2251348. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2022.51348.
- Admoun C., Mayrovitz H. Choosing Mastectomy vs. Lumpectomy-with-Radiation: Experiences of Breast Cancer Survivors. *Cureus*. 2021;13;10:e18433. doi: 10.7759/cureus.18433.
- Vidt M.E., Potochny J., Dodge D., et al. The Influence of Mastectomy and Reconstruction on Residual Upper Limb Function in Breast Cancer Survivors. *Breast Cancer Res Treat*. 2020;182;3:531–541. doi: 10.1007/s10549-020-05717-z.
- Chang P.J., Asher A., Smith S.R. A Targeted Approach to Post-Mastectomy Pain and Persistent Pain Following Breast Cancer Treatment. *Cancers (Basel)* 2021;13;20:5191. doi: 10.3390/cancers13205191.
- Abdo J., Ortman H., Rodriguez N., Tillman R., Riordan E.O., Seydel A. Quality of Life Issues Following Breast Cancer Treatment. *Surg Clin North Am*. 2023 Feb;103;1:155-167. doi: 10.1016/j.suc.2022.08.014.
- Zhou R., Chen Z., Zhang S., Wang Y., Zhang C., Lv Y., Yu L. Effects of Exercise on Cancer-Related Fatigue in Breast Cancer Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Life (Basel)*. 2024 Aug 14;14;8:1011. doi: 10.3390/life14081011.
- Leonardis J.M., Lulic-Kuryllo T., Lipps D.B. The Impact of Local Therapies for Breast Cancer on Shoulder Muscle Health and Function. *Crit Rev Oncol Hematol*. 2022;177:103759. doi: 10.1016/j.critrevonc.2022.103759.
- Wood K.M. Intercostobrachial Nerve Entrapment Syndrome. *South Med J*. 1978 Jun;71;6:662-3. doi: 10.1097/00007611-197806000-00016. PMID: 663696.
- Couceiro T.C., Valenca M.M., Raposo M.C., et al. Prevalence of Post-Mastectomy Pain Syndrome and Associated Risk Factors: a Cross-Sectional Cohort Study. *Pain Manag Nurs* 2014;15:731-7.
- Marco E., Trépanier G., Chang E., Mauti E., Jones J.M., Zhong T. Postmastectomy Functional Impairments. *Curr Oncol Rep*. 2023 Dec;25;12:1445-1453. doi: 10.1007/s11912-023-01474-6. Epub 2023 Nov 13. Erratum in: *Curr Oncol Rep*. 2023 Dec;25;12:1455. doi: 10.1007/s11912-023-01481-7. PMID: 37955831. PMCID: PMC10728246
- Wang L., Guyatt G.H., Kennedy S.A., Romerosa B., Kwon H.Y., Kaushal A., Chang Y., Craigie S., de Almeida C.P.B., Couban R.J., Parascandalo S.R., Izhar Z., Reid S., Khan J.S., McGillion M., Busse J.W. Predictors of Persistent Pain after Breast Cancer Surgery: a Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *CMAJ*. 2016 Oct 4;188;14:E352-E361. doi: 10.1503/cmaj.151276. Epub 2016 Jul 11. PMID: 27402075. PMCID: PMC5047835.
- Gong Y., Tan Q., Qin Q., Wei C. Prevalence of Postmastectomy Pain Syndrome and Associated Risk Factors: A Large Single-Institution Cohort Study. *Medicine (Baltimore)*. 2020 May;99;20:e19834. doi: 10.1097/MD.00000000000019834. PMID: 32443289. PMCID: PMC7253604.
- Tait R.C., Zoberi K., Ferguson M., Levenhagen K., Luebbert R.A., Rowland K., Salsich G.B., Herndon C. Persistent Post-Mastectomy Pain: Risk Factors and Current Approaches to Treatment. *J Pain*. 2018 Dec;19;12:1367-1383. doi: 10.1016/j.jpain.2018.06.002. Epub 2018 Jun 30. PMID: 29966772. PMCID: PMC6530598.
- Kannan P., Lam H.Y., Ma T.K., Lo C.N., Mui T.Y., Tang W.Y. Efficacy of Physical Therapy Interventions on Quality of Life and Upper Quadrant Pain Severity in Women with Post-Mastectomy Pain Syndrome: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Qual Life Res*. 2022 Apr;31;4:951-973. doi: 10.1007/s11136-021-02926-x. Epub 2021 Jun 29. Erratum in: *Qual Life Res*. 2022 Apr;31;4:975-976. doi: 10.1007/s11136-022-03104-3. PMID: 34185226. PMCID: PMC8960660.
- Ebid A.A., El-Sodany A.M. Long-Term Effect of Pulsed High-Intensity Laser Therapy in the Treatment of Post-Mastectomy Pain Syndrome: a Double Blind, Placebo-Control, Randomized Study. *Lasers Med Sci*. 2015;30:1747–1755. doi: 10.1007/s10103-015-1780-z
- Chappell A.G., Yuksel S., Sasson D.C., Wescott A.B., Connor L.M., Ellis M.F. Post-Mastectomy Pain Syndrome: an Up-to-Date Review of Treatment Outcomes. *JPRAS Open*. 2021 Aug 11;30:97-109. doi: 10.1016/j.jprra.2021.07.006. PMID: 34522756. PMCID: PMC8426165.
- Viscione E.A.R., Weyandt L. A Systematic Review of Phantom Breast Pain/Sensation in Breast Cancer Patients Postmastectomy. *NWH*. 2022;27;1:25–30. doi: 10.1016/j.nwh.2022.09.009.
- Ramesh, Shukla N.K., Bhatnagar S. Phantom Breast Syndrome. *Indian J Palliat Care*. 2009 Jul;15;2:103-7. doi: 10.4103/0973-1075.58453. PMID: 20668586. PMCID: PMC2902108.
- Divella M., Vetrugno L., Bertozzi S., Seriau L., Cedolini C., Bove T. Patient-Reported Pain and other Symptoms Among Breast Cancer Survivors: Prevalence and Risk Factors. *Tumori*. 2020;106;6:480–490. doi: 10.1177/0300891620908930.
- Brennstuhl M.J., Tarquinio C., Montel S., Masson J., Bassan F., Tarquinio P. Using Eye Movement Desensitization and Reprocessing (EMDR) as a Treatment for Phantom Breast Syndrome: Case Study. *Sexologies*. 2015;24;2:e29–e36. doi: 10.1016/j.sexol.2014.09.004.
- Ilfeld B.M., Madison S.J., Suresh P.J., Sandhu N.S., Kormylo N.J., Malhotra N., Loland V.J., Wallace M.S., Mascha E.J., Xu Z., Wen C.H., Morgan A.C., Wallace A.M. Persistent Postmastectomy Pain and Pain-Related Physical and Emotional Functioning with and without a Continuous Paravertebral Nerve Block: a Prospective 1-Year Follow-Up Assessment of a Randomized, Triple-Masked, Placebo-Controlled Study. *Ann Surg Oncol*. 2015;22;6:2017-25. doi: 10.1245/s10434-014-4248-7. Epub 2014 Nov 21. PMID: 25413267.
- Stubblefield M.D., Keole N. Upper Body Pain and Functional Disorders in Patients with Breast Cancer. *PM R*. 2014;6;2:170–183. doi: 10.1016/j.pmrj.2013.08.605.
- Peled A.W., Peled Z.M. Sensory Reinnervation after Mastectomy with Implant-Based Reconstruction. *Ann Breast Surg*. 2022;6:27. doi: 10.21037/abs-21-9.
- Обманов И.В., Ярыгин М.Л., Шмырев В.И., Носенко Е.М., Ярыгин Л.М. Неврологические аспекты хирургического лечения больных раком молочной железы // Российский онкологический журнал. 2014. Т.19. №1. С. 8-12 [Obmanov I.V., Yarygin M.L., Shmyrev V.I., Nosenko Ye.M., Yarygin L.M. Neurological Aspects of Surgical Treatment of Patients with Breast Cancer. *Rossiyskiy Onkologicheskiy Zhurnal = Russian Journal of Oncology*. 2014;19;1:8-12 (In Russ.)].
- Peled A.W., Peled Z.M. Nerve Preservation and Allografting for Sensory Innervation Following Immediate Implant Breast Reconstruction.

- Plast Reconstr Surg Glob Open. 2019 Jul 24;7:7:e2332. doi: 10.1097/GOX.0000000000002332. PMID: 31942359. PMCID: PMC6952160.
28. Девликамова Ф.И., Хабиров Ф.А. Миофасциальный болевой синдром: практическое развитие теоретических оснований // Российский журнал боли. 2020. Т.18. №3. С.39-47 [Devlikamova F.I., Khabirov F.A. Myofascial Pain Syndrome: Practical Development of Theoretical Foundations. Rossiyskiy Zhurnal Boli = Russian Journal of Pain. 2020;18;3:39-47 (In Russ.)]. doi: 10.17116/pain20201803139.
 29. Kalichman L., Menahem I., Treger I. Myofascial Component of Cancer Pain Review. *J Bodyw Mov Ther.* 2019 Apr;23;2:311-315. doi: 10.1016/j.jbmt.2019.02.011. Epub 2019 Feb 15. PMID: 31103113.
 30. Fernández-Lao C., Cantarero-Villanueva I., Fernández-de-Las-Peñas C., Del-Moral-Ávila R., Menjón-Beltrán S., Arroyo-Morales M. Development of Active Myofascial Trigger Points in Neck and Shoulder Musculature is Similar after Lumpectomy or Mastectomy Surgery for Breast Cancer. *J Bodyw Mov Ther.* 2012 Apr;16;2:183-90. doi: 10.1016/j.jbmt.2011.01.022. Epub 2011 Feb 26. PMID: 22464115.
 31. Fernández-Lao C., Cantarero-Villanueva I., Fernández-de-Las-Peñas C., Del Moral-Ávila R., Castro-Sánchez A.M., Arroyo-Morales M. Effectiveness of a Multidimensional Physical Therapy Program on Pain, Pressure Hypersensitivity, and Trigger Points in Breast Cancer Survivors: a Randomized Controlled Clinical Trial. *Clin J Pain.* 2012 Feb;28;2:113-21. doi: 10.1097/AJP.0b013e318225dc02. PMID: 21705873.
 32. Lin S.Y., Neoh C.A., Huang Y.T., et al. Educational Program for Myofascial Pain Syndrome. *J Altern Complement Med.* 2010;16;6:633-40.
 33. Farina S., Casarotto M., Benelle M., et al. A Randomized Controlled Study on the Effect of Two Different Treatments (FREMS AND TENS) in Myofascial Pain Syndrome. *Eura Medicophys* 2004;40;4:293-301.
 34. Gam A.N., Warming S., Larsen L.H., et al. Treatment of Myofascial Trigger-Points with Ultrasound Combined with Massage and Exercise – a Randomised Controlled Trial. *Pain* 1998;77;1:73-9
 35. Borg-Stein J., Iaccarino M.A. Myofascial Pain Syndrome Treatments. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2014 May;25;2:357-74. doi: 10.1016/j.pmr.2014.01.012. Epub 2014 Mar 17. PMID: 24787338.
 36. Cho C.H., Lee K.L., Cho J., Kim D. The Incidence and Risk Factors of Frozen Shoulder in Patients with Breast Cancer Surgery. *Breast J.* 2020 Apr;26;4:825-828. doi: 10.1111/tbj.13610. Epub 2019 Sep 6. PMID: 31493310.
 37. Lee T.S., Kilbreath S.L., Refshauge K.M., Herbert R.D., Beith J.M. Prognosis of the Upper Limb Following Surgery and Radiation for Breast Cancer. *Breast Cancer Res Treat.* 2008;110:19-37.
 38. Ramirez J. Adhesive Capsulitis: Diagnosis and Management. *Am Fam Physician.* 2019 Mar 1;99;5:297-300. PMID: 30811157.
 39. Yang S., Park D.H., Ahn S.H., Kim J., Lee J.W., Han J.Y., Kim D.K., Jeon J.Y., Choi K.H., Kim W. Prevalence and Risk Factors of Adhesive Capsulitis of the Shoulder after Breast Cancer Treatment. *Support Care Cancer.* 2017 Apr;25;4:1317-1322. doi: 10.1007/s00520-016-3532-4. Epub 2016 Dec 9. PMID: 27942856.
 40. Challoumas D., Biddle M., McLean M., Millar N.L. Comparison of Treatments for Frozen Shoulder: a Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Netw Open.* 2020 Dec 1;3;12:e2029581. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.29581. PMID: 33326025. PMCID: PMC7745103.
 41. Haider S.I., Awais M.Z., Iqbal M.T. Role of Platelet-Rich Plasma in the Treatment of Adhesive Capsulitis: A Prospective Cohort Study. *Cureus.* 2022 Oct 21;14;10:e30542. doi: 10.7759/cureus.30542. PMID: 36420240. PMCID: PMC9678237.
 42. Page M.J., Green S., Kramer S., Johnston R.V., McBain B., Buchbinder R. Electrotherapy Modalities for Adhesive Capsulitis (Frozen Shoulder). *Cochrane Database Syst Rev.* 2014 Oct 1;2014;10:CD011324. doi: 10.1002/14651858.CD011324. PMID: 25271097. PMCID: PMC10898218.
 43. Chen C.Y., Hu C.C., Weng P.W., Huang Y.M., Chiang C.J., Chen C.H., Tsuang Y.H., Yang R.S., Sun J.S., Cheng C.K. Extracorporeal Shockwave Therapy Improves Short-Term Functional Outcomes of Shoulder Adhesive Capsulitis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2014 Dec;23;12:1843-1851. doi: 10.1016/j.jse.2014.08.010. PMID: 25441567.
 44. Pimenta M., Vassalou E.E., Klontzas M.E., Dimitri-Pinheiro S., Ramos I., Karantanas A.H. Ultrasound-Guided Hydrodilatation for Adhesive Capsulitis: Capsule-Preserving Versus Capsule-Rupturing Technique. *Skeletal Radiol.* 2024 Feb;53;2:253-261. doi: 10.1007/s00256-023-04392-7. Epub 2023 Jul 3. PMID: 37400605. PMCID: PMC10730627.
 45. Yoong P., Duffy S., McKean D., Hujairi N.P., Mansour R., Teh J.L. Targeted Ultrasound-Guided Hydrodilatation Via the Rotator Interval for Adhesive Capsulitis. *Skeletal Radiol.* 2015 May;44;5:703-8. doi: 10.1007/s00256-014-2047-7. Epub 2014 Nov 21. PMID: 25412709

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 11.01.2025. Принята к публикации: 15.02.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.
Article received: 11.01.2025. Accepted for publication: 15.02.2025

А.В. Нарыков, А.А. Завьялов

ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЛЕЧЕНИИ САРКОМ

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Нарыков Антон Вадимович: vaaanton1999@gmail.com

Резюме

Саркомы – относительно редкие и гетерогенные злокачественные опухоли, происходящие из мезенхимальных тканей, включающие более 70 подтипов. Эти опухоли крайне вариабельны в своём клиническом течении и молекулярных характеристиках. Саркомы, составляющие лишь 1% в группе всех злокачественных новообразований, представляют собой серьёзную проблему, ввиду высокой частоты рецидивов, метастатических особенностей и устойчивости к традиционным методам лечения: химиотерапия и лучевая терапия. Однако последние достижения в понимании биологии сарком открыли новые возможности воздействия на эти опухоли.

Современные достижения в методиках хирургического и лучевого лечения уже сыграли значимую роль в улучшении местного контроля заболевания и снижении частоты рецидивов. Новейшие органосохранные операции, соответствующие классическим принципам зональности и футлярности показывают успешные результаты лечения пациентов, сводя к минимуму частоту калечащих (косметические и физические дефекты) последствий оперативного пособия. Параллельно с этим в клинических исследованиях активно изучаются комбинированные стратегии, объединяющие системные и локальные методы лечения, направленные на достижение максимальной эффективности при снижении токсичности.

Поиск источников информации проводился в PubMed, Google Scholar. Горизонт исследования данных литературы составлял 10 лет. При систематизации материала предпочтение отдавалось научным трудам, опубликованным в период 2018-2024 гг.

Молекулярно-направленная (таргетная) терапия, включая ингибиторы тирозинкиназ и ингибиторы контрольных иммунных точек, показала свою эффективность при определенных подтипах саркомы. Клеточная терапия CAR-T (chimeric antigen receptors-therapy), онколитические вирусы и модуляторы микроокружения опухоли становятся все более перспективными и доступными методиками воздействия на опухоль, особенно при рефрактерных к «классическим» схемам лечения случаях. Масштабные исследования возможностей геномного профилирования позволяют более точно определять мутации для каждой конкретной опухоли и разрабатывать персонализированные стратегии лечения. Нанотерапия стала новаторским подходом к лечению сарком, позволяющим использовать нанотехнологии для преодоления ограничений традиционных методов лечения. Наночастицы улучшают доставку лекарств, целенаправленно воздействуя на опухолевые ткани с помощью пассивных механизмов, таких как эффект повышенной проницаемости и удержания (EPR), или активного воздействия с помощью опухолеспецифических лигандов. Эти транспортные формы повышают биодоступность химиотерапевтических препаратов, снижают системную токсичность. Кроме того, ведутся активные исследования по доставке РНК-терапевтических препаратов при помощи наночастиц.

В обзоре освещаются перспективные достижения в области терапии сарком, особое внимание уделяется новаторским исследованиям и их потенциалу внедрения в клиническую практику. Новые направления включают в себя переосмысление уже существующих методов лечения, выявление новых биомаркеров и развитие подходов точной онкологии для более эффективного решения сложных проблем в лечении сарком.

Ключевые слова: саркомы, клеточная терапия CAR-T, онколитические вирусы, нанотехнологии, искусственный интеллект

Для цитирования: Нарыков А.В. Завьялов А.А. Инновационные направления в лечении сарком // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 65–71. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-65-71

A.V. Narykov, A. A. Zavialov

Innovative Directions in the Treatment of SarcomasInternational Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Narykov Anton Vadimovich: vaaanton1999@gmail.com

Abstract

Sarcomas are relatively rare and heterogeneous malignant tumors originating from mesenchymal tissues, comprising more than 70 subtypes. These tumors are highly variable in their clinical course and molecular characteristics. Sarcomas, representing only 1% of all malignancies, represent a major challenge due to their high recurrence rate, metastatic features, and resistance to conventional therapies: chemotherapy and radiation therapy. However, recent advances in the understanding of sarcoma biology have opened up new opportunities to target these tumors.

Modern advances in surgical and radiation treatment techniques have already played a significant role in improving local control of the disease and reducing recurrence rates. The latest organ-preserving surgeries conforming to the classical principles of zonality and footplate show successful results of treatment of patients, minimizing the frequency of mutilating (cosmetic and physical

defects) consequences of surgical treatment. In parallel, combination strategies that combine systemic and local therapies to maximize efficacy while minimizing toxicity are being actively studied in clinical trials.

The search for sources of information was conducted in PubMed, Google Scholar. The horizon of the literature data study was 10 years. When systematizing the material, preference was given to scientific works published in the period 2018-2024.

Molecularly targeted therapies, including tyrosine kinase inhibitors and immune checkpoint inhibitors, have shown efficacy in certain sarcoma subtypes. CAR-T (chimeric antigen receptors-therapy) cell therapy, oncolytic viruses and tumor microenvironment modulators are becoming increasingly promising and accessible methods of influencing tumors, especially in cases refractory to "classical" treatment regimens.

Large-scale studies of genomic profiling capabilities allow for more precise mutation identification for each specific tumor and the development of personalized treatment strategies. Nanotherapy has emerged as a novel approach to the treatment of sarcomas, allowing the use of nanotechnology to overcome the limitations of conventional therapies. Nanoparticles improve drug delivery by targeting tumor tissues through passive mechanisms such as enhanced permeability and retention (EPR) effects, or actively through tumor-specific ligands. These transport forms increase the bioavailability of chemotherapeutic drugs and reduce systemic toxicity. In addition, active research is underway to deliver RNA therapeutic drugs using nanoparticles.

This review highlights promising advances in sarcoma therapeutics, emphasizing novel research and its potential for implementation into clinical practice. New directions include rethinking existing therapies, identifying novel biomarkers, and developing precision oncology approaches to better address the complexities of sarcoma treatment.

Keywords: *sarcomas, CAR-T cell therapy, oncolytic viruses, nanotechnology, artificial intelligence*

For citation: Narykov AV, Zavialov AA. Innovative Directions in the Treatment of Sarcomas. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.2:65-71. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-65-71

Введение

Саркомы – это гетерогенная группа опухолей, которые возникают в тканях, поддерживающих и связывающих структуры тела. Такие опухоли могут развиваться практически в любом участке тела, но чаще всего встречаются на конечностях (особенно в бедре-30%), 60%, туловище 30% (из них в забрюшинном пространстве 30-40%), в области головы и шеи – до 10% [1].

Различают две основные группы заболеваний: саркомы опорно-двигательного аппарата и саркомы мягких тканей. Наиболее распространенной первичной злокачественной опухолью опорно-двигательного аппарата является остеосаркома (ОС). Она наиболее часто встречается среди лиц детского и подросткового возраста. Такие опухоли обладают крайне высокой степенью злокачественности, отличаются быстрым ростом и агрессивностью течения онкологического процесса. Наиболее часто поражаются метафизы длинных трубчатых костей (бедренная и большеберцовая кости).

Исследования показывают, что около 20-30% пациентов на момент первого обращения уже имеют метастазы. Пятилетняя выживаемость пациентов с ОС при своевременно начатом лечении (стадии II-III) достигает лишь 60-70%. Это подчеркивает необходимость поиска средств и способов ранней диагностики и инновационных терапевтических подходов [2, 3].

Саркомы мягких тканей (СМТ) составляют около 1% от числа всех злокачественных опухолей у взрослых, но их частота встречаемости значительно варьирует в зависимости от возраста, пола и этнической принадлежности. СМТ включают более 50 подтипов, среди которых наиболее распространены: липосаркомы (источник = жировая ткань), рабдомиосаркомы (поперечнополосатая мышечная ткань) и фибросаркомы (фиброзная соединительная ткань). Пик заболеваемости отмечается в возрасте от 50 до 70 лет.

В среднем заболеваемость саркомами составляет около 30 случаев на 1 миллион человек, при этом каждый год в РФ регистрируется более 6 000 новых случаев этих опухолей, из которых до 60% составляют СМТ.

Саркомы занимают второе место по смертности среди онкологических заболеваний в России, так как они часто склонны к рецидивам и метастазированию, что осложняет лечение и снижает шансы на выздоровление. Примерно треть всех случаев сарком регистрируются у пациентов моложе 30 лет, что подчеркивает социальную значимость этой группы заболеваний [4].

Злокачественные опухоли соединительной ткани имеют разнообразные морфологические и генетические характеристики, в зависимости от которых СМТ имеют определённые различия в ответе на проводимую терапию и исходах лечения.

Материалы и методы

Поиск источников информации проводился в PubMed, Google Scholar. Горизонт исследования данных литературы составлял 10 лет. В поисковых запросах применялись термины: «sarcomas», «CAR-T cell therapy», «oncolytic viruses», «nanotechnology», «artificial intelligence» также другие словарные и тематические формы. При систематизации материала предпочтение отдавалось научным трудам, опубликованным в период 2018-2024 гг.

Результаты

Chimeric antigen receptors-therapy (CAR-T)

CAR-T сарком – это инновационный подход в иммунотерапии опухолей, основанный на модификации донорских Т-лимфоцитов с целью воздействия на специфические опухолевые антигены реципиента. В то время как эта технология продемонстрировала значительный успех при гематологических

злокачественных опухолях, ее применение при солидных опухолях, таких как саркомы, все еще находится в стадии изучения.

Применение CAR-T терапии при лечении сарком ассоциировано с определенными сложностями из-за ограниченного числа специфических мишеней, трудностей с инфильтрацией Т-клеток в солидные опухоли и иммуносупрессивного микроокружения опухоли.

Перспективными мишенями для CAR-T-терапии сарком являются белок HER-2 (экспрессируется в остеосаркомах и рабдомиосаркомах), гликолипидный антиген GD2 (обнаружен в остеосаркоме и саркоме Юинга), белок MAGE-A4 (специфичен для синовиальной саркомы), белок V7-H3 (широко экспрессируется во всех подтипах сарком) и рецептор EphA2 (был выявлен в саркоме Юинга и прочих подтипах остеосарком) [5].

В настоящее время в клинических испытаниях находятся несколько CAR-T препаратов: применение GD2-CAR-T (CAR-T, основанная на таргетном воздействии на белок GD2 сарком путем иммунизации специфическими антителами донорских лимфоцитов) оценивается для поиска терапевтических агентов в каждом конкретном случае лечения остеосаркомы и саркомы Юинга. В основе метода лежит протокол лечения, включающий инфузию Т-клеток после лимфодемоделирующей химиотерапии с циклофосфамидом и флударабином. Результаты показали улучшение контроля над опухолью, однако отмечен выраженный побочный эффект, такой как синдром высвобождения цитокинов.

HER2-CAR-T тестируется для лечения остеосаркомы, дозы варьируются от 1×10^6 до 1×10^8 клеток/кг. Получены многообещающие результаты, связанные с уменьшением опухолевой массы, особенно в комбинации с классическими схемами химиотерапевтического лечения. В протокол V7-H3-CAR-T (терапия иммунизированными клетками, направленная на специфическое ингибирование внеклеточного белка V7-H3), по исследованию воздействия на различные виды сарком, включена модель лимфодеплеции.

Активно исследуется схема MAGE-A4-TCR (Лимфоциты с CAR-рецепторами, подобными TCR, специфическими к антигену MAGE-A4, который является раково-эмбриональным и экспрессируется только в саркомах) – вид родственной адаптивной клеточной терапии применительно к лечению синовиальной саркомы.

Преимущества CAR-T-терапии включают высокую специфичность и длительную активность модифицированных Т-клеток. Однако внедрение в широкую клиническую практику новейших протоколов лечения лимитируется такими проблемами, как иммуносупрессивное микроокружение опухоли, риск тяжелых токсических реакций (например, цитокиновый шторм и нейротоксичность (ICANS-синдром)), а также трудности с определением безопасных и специфических мишеней [6].

ICANS (Immune effector Cell-Associated Neurotoxicity Syndrome) - серьезное неврологическое

осложнение, наблюдаемое при CAR-T-терапии, в том числе при лечении саркомы. Он возникает в результате чрезмерной иммунной активации и выброса цитокинов, что приводит к нарушению гематоэнцефалического барьера и последующему воспалению нервной ткани центральной нервной системы. Симптомы включают головную боль, спутанность сознания, афазию, судороги, изменение сознания и, в тяжелых случаях, отек головного мозга. Хотя при лечении сарком это встречается реже, чем при лечении гематологических заболеваний, риск возрастает при использовании агрессивных схем лимфодеплеции и высоких доз CAR-T агентов. Терапия включает тщательный мониторинг с использованием шкалы ICE и лечение тяжелых случаев кортикостероидами или ингибиторами IL-6, такими как тоцилизумаб [7,8].

Современные исследования сосредоточены на повышении эффективности и безопасности CAR-T терапии при саркомах, что позволит использовать её как перспективный и результативный метод лечения этих опухолей.

Онколитические вирусы

Использование онколитических вирусов – это перспективный метод лечения сарком. Используется специально модифицированные вирусы для таргетной интеграции в опухолевые клетки, встраивания вирусной ДНК в опухолевую и последующего синтеза летальных белков, пораженной опухолевой клеткой. При этом, минимизируется воздействие на здоровые ткани. Такие вирусы могут также стимулировать иммунный ответ, направленный против опухоли, что дополнительно усиливает терапевтический эффект [9].

Для лечения сарком исследуются различные типы онколитических вирусов, такие как вирус простого герпеса (HSV-1), аденовирус, реовирус и др. Talimogene laherparepvec (T-VEC) – вирус, синтетически созданный на основе HSV-1, уже прошел клинические испытания для лечения некоторых солидных опухолей, включая саркомы. Он показал способность не только разрушать опухолевые клетки, но и активировать иммунный ответ, что способствует регрессии опухоли. В клинических исследованиях его сочетали с другими методами лечения, такими как химиотерапия или иммунотерапия. В одном из протоколов лечения пациентам с метастатическими саркомами вводили T-VEC инъекциями непосредственно в опухоль, при этом дополнительные дозы препарата вводились внутривенно после завершения начальной фазы. Исследования показали, что комбинация T-VEC с иммунными модуляторами (например, с блокаторами PD-1) может усиливать терапевтический эффект, улучшая не только локальное воздействие на опухоль, но и системный иммунный ответ.

Реовирусы – вирусы, активно применяющиеся при саркомах, обладающих активированным сигнальным путем RAS/MEK, что характерно для большинства остеосарком. В некоторых исследованиях реовирус вводился в монорежиме, а в других случаях – сочетался с химиотерапией. Например, в

клинических испытаниях использовали реовирус в сочетании с химиотерапевтическими агентами: метотрексат или доксорубин. Это позволило увеличить эффективность вирусной терапии [10].

Также была оценена роль модифицированных аденовирусов при лечении саркомы Юинга: пациента лечили с помощью инъекций аденовируса непосредственно в опухоль, а затем применяли традиционную химиотерапию или радиотерапию. Кроме того, проводились исследования по применению аденовирусов в сочетании с другими вирусами, такими как реовирус, что позволяло улучшить результаты, за счет кумуляции вирусной репликации в опухолевых клетках. В настоящее время исследуются возможности их сочетания с другими современными методами лечения, такими как CAR-T терапия и иммунные checkpoint-ингибиторы [11].

Модуляция микроокружения опухоли

Микроокружение опухоли (ТМЕ) в саркомах играет главенствующую роль в прогрессии, метастазировании и резистентности опухоли к лечению. Модуляция ТМЕ является перспективной стратегией для повышения эффективности лечения сарком. Ключевые компоненты ТМЕ включают иммунные клетки, фибробласты, эндотелиальные клетки, белки внеклеточного матрикса и сигнальные молекулы, которые в совокупности влияют на поведение опухоли и терапевтический ответ. В настоящее время изучаются несколько подходов к изменению ТМЕ при саркомах.

Компоненты иммунной системы в ТМЕ, такие как макрофаги, Т-клетки и дендритные клетки, могут либо способствовать, либо препятствовать росту опухоли. В частности, макрофаги могут играть проопухолевую роль, и их поляризация с фенотипа М2 (способствующего развитию опухоли) на фенотип М1 (подавляющий опухоль) является мишенью для терапии. Такие препараты, как ингибиторы рецептора колониестимулирующего фактора макрофагов CSF-1R и агенты перепрограммирования макрофагов М2, изучаются на моделях саркомы для изменения поляризации макрофагов и повышения противоопухолевого иммунитета, а ингибиторы контрольных иммунных точек (например, анти-PD-1/PD-L1 и анти-CTLA-4 антитела) изучаются для восстановления иммунной активности в ТМЕ [12].

Опухоль-ассоциированные фибробласты являются ключевыми участниками внеклеточного матрикса (ЕСМ), способствуя росту опухоли, ангиогенезу и метастазированию. Модуляция активности фибробластов с помощью препаратов, направленных на рецептор TGF- β , который участвует в фиброзе и ремоделировании ЕСМ, может изменить микроокружение опухоли, сделав ее менее благоприятной для роста опухоли. Такие препараты, как фрезолимуаб (ингибитор TGF- β), тестируются в сочетании с другими методами лечения, чтобы противостоять проопухолевым эффектам ЕСМ [13].

Нанотерапия

Нанотерапия является одним из наиболее развивающихся направлений в лечении онкологических заболеваний, включая саркомы мягких тканей и остеогенные саркомы. Использование нанотехнологий в онкологии, в большинстве своем, направлено на создание систем доставки препаратов, которые позволяют воздействовать непосредственно на опухолевые клетки, тем самым, снижая побочные действия и увеличивая эффективность терапии.

Наночастицы – это частицы размером от 1 до 100 нанометров. Они изготавливаются из различных материалов, таких как липиды, некоторые биополимеры, золото, серебро или оксиды металлов и др. Данные агенты способны нести как химиотерапевтические препараты, так и биомолекулы (например, ДНК или РНК) [14].

Липосомы – это наноструктуры, образованные одним или несколькими фосфолипидными бислоями, окружающими водное ядро. Их уникальная структура позволяет эффективно инкапсулировать и транспортировать как гидрофильные, так и липофильные вещества. Липосомы характеризуются высокой биосовместимостью и стабильностью, что делает их перспективными носителями противоопухолевых агентов. Поверхность липосом может быть модифицирована для улучшения циркуляции в кровотоке и повышения специфичности, например, путем включения полимерных покрытий или функциональных лигандов. Эти свойства активно изучаются для применения в онкологии, в том числе для лечения сарком [15].

Наночастицы могут быть покрыты полиэтиленгликолем (PEG наночастицы), что увеличивает их время циркуляции в кровотоке и помогает избежать их захвата макрофагами, увеличивая вероятность накопления лекарственных веществ в опухоли. PEG используется в лечении сарком в качестве модификатора, повышающего стабильность и эффективность лекарств. Присоединение полиэтиленгликоля к химиотерапевтическим агентам или наночастицам увеличивает время их циркуляции в организме и снижает клиренс препаратов, способствуя их накоплению в опухолевых тканях. Это достигается за счет эффектов повышенной проницаемости мембраны к PEG и удержанию препарата, который позволяет лекарствам проще, относительно агентов не обработанных PEG проникать в опухолевую ткань из-за негерметичности кровеносных сосудов в опухолях. PEG также снижает иммунный ответ, уменьшает побочные эффекты и улучшает доставку плохо растворимых препаратов, повышая общую терапевтическую эффективность при лечении саркомы [16].

Основное преимущество нанотерапии заключается в возможности таргетированной доставки лекарств к опухолевым клеткам, что достигается следующими способами:

– пассивная таргетированная доставка – основана на эффекте усиленной проницаемости и задержки (EPR-эффект). Опухолевые сосуды, как правило, обладают большей проницаемостью, чем

нормальные ткани, что позволяет наночастицам накапливаться в опухоли. Это повышает концентрацию препарата непосредственно в клетках неоплазмы и снижает системные побочные эффекты;

– активная таргетированная доставка, включающая использование наночастиц, которые модифицированы лигандом – молекулой, способной связываться с определенными рецепторами на поверхности клеток саркомы. Например, наночастицы могут быть модифицированы антителами, пептидами или другими молекулами, которые специфически связываются с рецепторами, такими как HER2, VEGF, или IGF-1R, которые часто экспрессируются на саркомах [17].

В настоящее время активно ведутся исследования по использованию наночастиц, которые содержат светочувствительные агенты (фотосенсибилизаторы), для фотодинамической и фототермической терапии. После их накопления в клетках саркомы, на опухоль воздействуют монохроматическим лучом определенной длины волны, что активирует фотосенсибилизаторы и приводит к образованию активных форм кислорода, которые разрушают опухолевые клетки. Преимущество метода заключается в его селективности – воздействие происходит исключительно в той области, где накопились наночастицы, что минимизирует повреждение здоровых тканей [18].

Для фототермической терапии используются наночастицы на основе металлов (чаще всего золота), которые способны поглощать свет в инфракрасном диапазоне. Под воздействием света они нагреваются, что приводит к значительному локальному повышению температуры в опухоли, что приводит к разрушению клеток саркомы.

Наночастицы могут быть использованы для доставки малых интерферирующих РНК (siRNA), которые ингибируют экспрессию специфических онкогенов в опухолевых клетках. Такой способ воздействия будет приводить к остановке прогрессии опухоли или апоптозу (запрограммированной клеточной гибели).

Также наночастицы могут доставлять «молекулярные ножницы» CRISPR-Cas9-системы, которые модифицируют ДНК клеток и устраняют генетические мутации, вызывающие малигнизацию (трансформацию клеток в злокачественные). Это перспективный метод, который может применяться для коррекции мутаций в генах сарком [19].

Комбинированная нанотерапия позволяет одновременно доставлять в опухоль несколько агентов, к примеру, химиопрепараты в сочетании с фотосенсибилизаторами или генетическими материалами.

Внедрение нанотерапии в практику лечения пациентов с саркоматозным процессом, открывает новые возможности для комбинированного лечения, что позволяет улучшить непосредственные и отдаленные результаты лечения.

Некоторые нанолекарства уже успешно применяются в онкологии и способны быть адаптированными для лечения сарком: Doxil (липосомальная форма доксорубина) применяется при лечении различных видах злокачественных новообразований

и обладает меньшей кардиотоксичностью в сравнении с обычным доксорубином за счет липосомальной оболочки, которая обеспечивает более избирательную доставку препарата в опухоль. Помимо противоопухолевых антибиотиков также исследуются возможности специфической упаковки таксанов, к примеру, препарат Abraxane (наночастицы альбумина, содержащие паклитаксел) показал более избирательную доставку в сравнении с классической формой паклитаксела и меньшее количество побочных эффектов (нейропатия и аллопеция) [20].

Применение искусственного интеллекта при лечении сарком

Персонализация лечения и прогнозирование течения опухолевого процесса с помощью искусственного интеллекта (ИИ) – ключевые направления в онкологии, в том числе при терапии СМТ и ОС. Благодаря анализу больших данных, ИИ позволяет строить корреляционные связи, учитывая множество факторов, таких как возраст и коморбидность пациента, морфологические, генетические и эпигенетические характеристики опухоли, особенности предложенного плана лечения, воздействие внешних причин на переносимость лечения и множество других факторов.

ИИ использует алгоритмы машинного обучения для анализа данных с целью прогнозирования реакции пациента на лечение [21].

Модели машинного обучения используются для предсказания ответа на химиотерапию. Учитываются клинические данные пациентов, геномные характеристики опухолей, информация об экспрессии белков и РНК, чтобы предсказать, насколько эффективно тот или иной химиотерапевтический препарат подействует на конкретную опухоль. Это позволяет избежать применения неэффективных или чрезмерно токсичных препаратов, выбирая наиболее подходящие. Такие прогнозы помогают врачам и пациентам лучше понимать возможные исходы и корректировать стратегию лечения [22.]

Система глубокого машинного обучения может предсказывать, насколько вероятно, что пациент с остеосаркомой ответит на лечение общепринятыми химиопрепаратами (метотрексат и доксорубин) и какой патоморфоз мы можем ожидать в каждом конкретном случае применения. Если вероятность ответа низкая, ИИ может предложить другие, более подходящие варианты лечения, включая таргетную терапию.

Одним из важнейших факторов для индивидуализации лечения сарком является анализ геномных и молекулярных данных опухоли. ИИ способен анализировать генетические мутации, изменения в экспрессии генов и белков, а также другие молекулярные характеристики опухоли для определения наиболее эффективных методов терапии [23].

Определенные профили экспрессии генов могут указывать на чувствительность опухоли к определенным видам лечения. ИИ может анализировать такие профили, чтобы определить, будет ли пациент реагировать на химиотерапию, иммунотерапию или другие виды лечения. Например, если у пациента

обнаружена мутация в гене КИТ, ИИ может предложить использовать ингибиторы тирозинкиназы (такие как иматиниб), которые эффективны при этой мутации. ИИ может помочь выбрать препараты, направленные на определенные молекулярные мишени, такие как рецепторы тирозинкиназы (например, IGF-1R или VEGF), экспрессия которых может быть повышена в саркомах. Это позволяет увеличить эффективность лечения и минимизировать побочные эффекты [24].

ИИ помогает подобрать таргетную терапию и иммунотерапию на основе молекулярных особенностей опухоли. Пациент с остеогенной саркомой, у которого была проведена молекулярная диагностика, показал наличие повышенной экспрессии IGF-1R. ИИ анализирует эту информацию и предлагает включить в схему лечения ингибитор IGF-1R в сочетании с традиционной химиотерапией, что может улучшить прогноз [25].

Алгоритмы ИИ могут предлагать оптимальные дозы химиотерапевтических препаратов, минимизируя побочные эффекты и при этом сохраняя высокую эффективность. Это особенно важно для пациентов с сопутствующими заболеваниями или ослабленной иммунной системой, когда стандартные дозировки могут быть опасны.

Заключение

Все настоящее время, все более возрастает роль комплексного подхода в лечении сарком мягких тканей и остеогенных сарком, включающего применение хирургического лечения, химиотерапевтического, таргетного и лучевого воздействия на разных этапах ведения пациентов. Значительно возрос интерес исследователей к внедрению в практику инновационных методик нанотерапии и расширению спектра применения иммунотаргетных препаратов, чему способствовало углубление знаний о молекулярно-генетических характеристиках сарком. Использование искусственного интеллекта в качестве «виртуального помощника» врача, продемонстрировало ощутимое улучшение результатов лечения пациентов. Несмотря на значительные успехи, многие вопросы остаются нерешенными, включая диагностику ранних форм сарком, снижение побочных эффектов терапии, внедрения в клиническую практику методик эффективного контроля метастатического поражения и др.

Дальнейшие исследования в области молекулярной биологии, генетики, биомедицинских технологий позволят повысить эффективность лечения и улучшить прогноз у пациентов с остеогенными саркомами и саркомами мягких тканей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бенберин В.В., Байзаков Б.Т., Шаназаров Н.А., Зинченко С.В. Саркомы мягких тканей: современный взгляд на проблему // Вестник Авиценны. 2019. Т.21. №2. С. 291-297. doi: 10.25005/2074-0581-2019-21-2-291-297.
2. Егоренков В.В., Бохан А.Ю., Конев А.А., Нестерова А.И., Тарарыкова А.А., Тюляндина А.С. и др. Саркомы мягких тканей // Злокачественные опухоли. 2023. Т.13. №3s2-1. С. 356-374.
3. Булычева И.В., Рогожин Д.В., Кушлинский Н.Е., Соловьев Ю.Н., Родин В.Ю., Казакова А.Н. и др. Классическая остеосаркома // Вестник российских университетов. Математика. 2015. Т.20. №1. С. 130-136.
4. Каприн А.Д., Алиев М.Д., Феденко А.А. Саркомы мягких тканей. М.: АБВ-пресс, 2024. 320 с.
5. Hegde M., Navai S., DeRenzo C., Joseph S.K., Sanber K., Wu M., et al. Autologous HER2-Specific CAR T Cells after Lymphodepletion for Advanced Sarcoma: a Phase 1 Trial // Nature Cancer. 2024. V.5. No.6. P. 880-894. doi: 10.1038/s43018-024-00749-6.
6. Штыров Е.М., Зотов П.А., Лапштаева А.В. CAR T-клеточная терапия как современный метод лечения онкологических заболеваний // Бюллетень науки и практики. 2019. Т.5. №5. С. 121-127. doi: 10.33619/2414-2948/42/16.
7. Lee D.W., Santomasso B.D., Locke F.L., Ghobadi A., Turtle C.J., Brudno J.N., et al. ASTCT Consensus Grading for Cytokine Release Syndrome and Neurologic Toxicity Associated with Immune Effector Cells // Biology of Blood and Marrow Transplantation. 2019. V.25. No.4. P. 625-638. doi: 10.1016/j.bbmt.2018.12.758.
8. Sterner R.C., Sterner R.M. Immune Effector Cell Associated Neurotoxicity Syndrome in Chimeric Antigen Receptor-T Cell Therapy // Frontiers in Immunology. 2022. No.13. P. 879608. doi.org/10.3389/fimmu.2022.879608.
9. Zheng M., Huang J., Tong A., Yang H. Oncolytic Viruses for Cancer Therapy: Barriers and Recent Advances // Molecular Therapy-Oncolytics. 2019. No.15. P. 234-247. doi: 10.1016/j.omto.2019.10.007.
10. Robinson S.I., Rochell R.E., Penza V., Naik S. Translation of Oncolytic Viruses in Sarcoma // Molecular Therapy Oncology. 2024. V.32. No.3. P. 200822. doi: 10.1016/j.omton.2024.200822.
11. Apolonio J.S., De Souza Gonçalves V.L., Santos M.L.C., Luz M.S., Souza J.V.S., Pinheiro S.L.R., et al. Oncolytic Virus Therapy in Cancer: a Current Review // World Journal of Virology. 2021. V.10. No.5. P. 229-255. doi: 10.5501/wjv.v10.i5.229.
12. Лохонина А.В., Джуманиязова Э.Д., Джалилова Д.Ш., Косырева А.М., Казарян Г.Г., Фатхудинов Т.Х. Компоненты микроокружения сарком мягких тканей. Часть 1 // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2024. Т.16. №1. С. 25-33. doi: 10.17650/2219-4614-2024-16-1-25-33.
13. Зяблицкая Е.Ю., Кубышкин А.В., Сорокина Л.Е., Серебрякова А.В., Алиев К.А., Максимова П.Е. и др. Клеточное микроокружение как объект таргетной терапии злокачественных новообразований // Успехи молекулярной онкологии. 2023. Т.10. №4. С. 8-20. doi: 10.17650/2313-805X-2023-10-4-8-20.
14. Дураиди А.Д.А., Цибизова О.В. Нанотехнологии в лечении рака // Биомедицина. 2021. Т.17. №3Е. С. 26-27. doi: 10.33647/2713-0428-17-3Е-26-27
15. Толчева Е.В., Оборотова Н.А. Липосомы как транспортное средство для доставки биологически активных молекул // Российский биотерапевтический журнал. 2007. Т.5. №1. С. 54-61.
16. Martin-Broto J., Hindi N., Cruz J., Martinez-Trufero J., Valverde C., De Sande L.M., et al. Relevance of Reference Centers in Sarcoma Care and Quality Item Evaluation: Results from the Prospective Registry of the Spanish Group for Research in Sarcoma (GEIS) // Oncologist. 2019 Jun. V.24. No.6. P. e338-e346. doi: 10.1634/theoncologist.2018-0121.
17. Kathmann W. Nanotherapie in der Onkologie // DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift. 2012. V.137. No.S 01. P. S11-S13.
18. Стилиди И.С., Никулин М.П., Калинин А.Е., Абгярян М.Г., Вашакмадзе Л.А., Файнштейн И.А. и др. Современная стратегия лечения больших забрюшинными саркомами // Современная онкология. 2022. Т.24. №2. С. 157-162. doi: 10.26442/18151434.2022.2.201541.
19. Ahmad A., Khan F., Mishra R.K., Khan R. Precision Cancer Nanotherapy: Evolving Role of Multifunctional Nanoparticles for Cancer Active Targeting // J Med Chem. 2019 Dec 12. V.62. No.23. P. 10475-10496. doi: 10.1021/acs.jmedchem.9b00511.
20. Ediriwickrema A., Saltzman W.M. Nanotherapy for Cancer: Targeting and Multifunctionality in the Future of Cancer Therapies // ACS Biomater Sci Eng. 2015 Feb 9. V.1. No.2. P. 64-78. doi: 10.1021/ab500084g.
21. Нарыков А.В., Завьялов А.А. Использование элементов алгоритмических нейронных сетей на современном этапе развития практической онкологии // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. 2024. №3. С. 5-10.
22. Shimizu H., Nakayama K. I. Artificial Intelligence in Oncology // Cancer Science. 2020. V.111. No.5. P. 1452-1460. doi:

- 10.1111/cas.14377.
23. Aerts H.J., Velazquez E.R., Leijenaar R.T., Parmar C., Grossmann P., Carvalho S., et al. Decoding Tumour Phenotype by Noninvasive Imaging Using a Quantitative Radiomics Approach // *Nat Commun.* 2014. V.5. No.1. P. 4006.
 24. Bodalal Z., Trebeschi S., Nguyen-Kim T.D.L., Schats W., Beets-Tan R. Radiogenomics: Bridging Imaging and Genomics // *Abdom. Radiol.* 2019. V.44. P. 1960-1984. doi: 10.1007/s00261-019-02028-w.
 25. Bera K., Schalper K.A., Rimm D.L., Velcheti V., Madabhushi A. Artificial Intelligence in Digital Pathology – New Tools for Diagnosis and Precision Oncology // *Nat. Rev. Clin. Oncol.* 2019. No.16. P. 703-715. doi: 10.1038/s41571-019-0252-y.
 26. Topf V., Kheifetz Y., Daum S., Ballhausen A., Schwarzer A., Trung K.V., Stocker G., Aigner A., et al. Individual Hematotoxicity Prediction of Further Chemotherapy Cycles by Dynamic Mathematical Models in Patients with Gastrointestinal Tumors // *J Cancer Res Clin Oncol.* 2023. No.10. P. 6989-6998. doi: 10.1007/s00432-023-04601-9.

REFERENCES

1. Benberin V.V., Bayzakov B.T., Shanazarov N.A., Zinchenko S.V. Soft Tissue Sarcomas: a Modern View of the Problem. *Vestnik Avitsenny = Avicenna Bulletin.* 2019;21;2:291-297 (In Russ.). doi: 10.25005/2074-0581-2019-21-2-291-297.
2. Yegorenkov V.V., Bokhyan A.Yu., Konev A.A., Nesterova A.I., Tararykova A.A., Tyulyandina A.S., et al. Soft Tissue Sarcomas. *Zlokhachestvennyye opukholi = Malignant Tumors.* 2023;13;3s2-1:356-374 (In Russ.).
3. Bulycheva I.V., Rogozhin D.V., Kushlinskiy N.Ye., Solov'yev Yu.N., Roshchin V.Yu., Kazakova A.N., et al. Classical Osteosarcoma. *Vestnik Rossiyskikh Universitetov. Matematika = Bulletin of Russian Universities. Mathematics.* 2015;20;1:130-136 (In Russ.).
4. Kaprin A.D., Aliyev M.D., Fedenko A.A. *Sarkomy Myagkikh Tkany = Soft Tissue Sarcomas.* Moscow, ABV-press Publ., 2024. 320 p. (In Russ.).
5. Hegde M., Navai S., DeRenzo C., Joseph S.K., Sanber K., Wu M., et al. Autologous HER2-specific CAR T Cells after Lymphodepletion for Advanced Sarcoma: a Phase 1 Trial. *Nature Cancer.* 2024;5;6:880-894. doi: 10.1038/s43018-024-00749-6.
6. Shtyrov Ye.M., Zotov R.A., Lapshtayeva A.V. CAR T-Cell Therapy as a Modern Method of Treating Oncological Diseases. *Byulleten' Nauki i Praktiki = Bulletin of Science and Practice.* 2019;5;5:121-127 (In Russ.). doi: 10.33619/2414-2948/42/16.
7. Lee D.W., Santomasso B.D., Locke F.L., Ghobadi A., Turtle C.J., Brudno J.N., et al. ASTCT Consensus Grading for Cytokine Release Syndrome and Neurologic Toxicity Associated with Immune Effector Cells. *Biology of Blood and Marrow Transplantation.* 2019;25;4:625-638. doi: 10.1016/j.bbmt.2018.12.758.
8. Sterner R.C., Sterner R.M. Immune Effector Cell Associated Neurotoxicity Syndrome in Chimeric Antigen Receptor-T Cell Therapy. *Frontiers in Immunology.* 2022;13:879608. doi:10.3389/fimmu.2022.879608.
9. Zheng M., Huang J., Tong A., Yang H. Oncolytic Viruses for Cancer Therapy: Barriers and Recent Advances. *Molecular Therapy-Oncolytics.* 2019;15:234-247. doi: 10.1016/j.omto.2019.10.007.
10. Robinson S.I., Rochell R.E., Penza V., Naik S. Translation of Oncolytic Viruses in Sarcoma. *Molecular Therapy Oncology.* 2024;32;3:200822. doi: 10.1016/j.omton.2024.200822.
11. Apolonio J.S., De Souza Goncalves V.L., Santos M.L.C., Luz M.S., Souza J.V.S., Pinheiro S.L.R., et al. Oncolytic Virus Therapy in Cancer: a Current Review. *World Journal of Virology.* 2021;10;5:229-255. doi: 10.5501/wjv.v10.i5.229.
12. Lokhonina A.V., Dzhumaniyazova E.D., Dzhaliylova D.Sh., Kosyreva A.M., Kazaryan G.G., Fatkhudinov T.Kh. Components of the Microenvironment of Soft Tissue Sarcomas. Part 1. *Sarkomy Kostey, Myagkikh Tkany i Opukholi Kozhi = Bone, Soft Tissue Sarcomas and Skin Tumors.* 2024;16;1:25-33 (In Russ.). doi: 10.17650/2219-4614-2024-16-1-25-33.
13. Zyablitskaya Ye.Yu., Kubyshkin A.V., Sorokina L.Ye., Serebryakova A.V., Aliyev K.A., Maksimova P.Ye., et al. Cellular Microenvironment as an Object of Targeted Therapy of Malignant Neoplasms. *Uspekhi Molekulyarnoy Onkologii = Advances in Molecular Oncology.* 2023;10;4:8-20 (In Russ.). doi: 10.17650/2313-805X-2023-10-4-8-20.
14. Duraidi A.D.A., Tsibizova O.V. Nanotechnology in Cancer Treatment. *Biomeditsina = Biomedicine.* 2021;17;3E:26-27 (In Russ.). doi: 10.33647/2713-0428-17-3E-26-27.
15. Tolcheva Ye.V., Oborotova N.A. Liposomes as a Vehicle for Delivery of Biologically Active Molecules. *Rossiyskiy Bioterapevicheskiy Zhurnal = Russian Biotherapeutic Journal.* 2007;5;1:54-61 (In Russ.).
16. Martin-Broto J., Hindi N., Cruz J., Martinez-Trufero J., Valverde C., De Sande L.M., et al. Relevance of Reference Centers in Sarcoma Care and Quality Item Evaluation: Results from the Prospective Registry of the Spanish Group for Research in Sarcoma (GEIS). *Oncologist.* 2019 Jun;24;6:e338-e346. doi: 10.1634/theoncologist.2018-0121.
17. Kathmann W. *Nanotherapie in der Onkologie.* DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift. 2012;137;S01:S11-S13.
18. Stilidi I.S., Nikulin M.P., Kalinin A.Ye., Abgyaryan M.G., Vashakmadze L.A., Faynshteyn I.A., et al. Modern Strategy for Treating Patients with Retroperitoneal Sarcomas. *Sovremennaya Onkologiya = Modern Oncology.* 2022;24;2:157-162 (In Russ.). doi: 10.26442/18151434.2022.2.201541.
19. Ahmad A., Khan F., Mishra R.K., Khan R. Precision Cancer Nanotherapy: Evolving Role of Multifunctional Nanoparticles for Cancer Active Targeting. *J Med Chem.* 2019 Dec 12;62;23:10475-10496. doi: 10.1021/acs.jmedchem.9b00511.
20. Ediriwickrema A., Saltzman W.M. Nanotherapy for Cancer: Targeting and Multifunctionality in the Future of Cancer Therapies. *ACS Biomater Sci Eng.* 2015 Feb 9;1;2:64-78. doi: 10.1021/ab500084g.
21. Narykov A.V., Zav'yalov A.A. Use of Elements of Algorithmic Neural Networks at the Current Stage of Development of Practical Oncology. *Klinicheskii Vestnik FMBTS im. A.I. Burnazyana = Clinical Bulletin of the A.I. Burnazyana Federal Medical and Biomedical Center.* 2024;3:5-10 (In Russ.).
22. Shimizu H., Nakayama K.I. Artificial Intelligence in Oncology. *Cancer Science.* 2020;111;5:1452-1460. doi: 10.1111/cas.14377.
23. Aerts H.J., Velazquez E.R., Leijenaar R.T., Parmar C., Grossmann P., Carvalho S., et al. Decoding Tumour Phenotype by Noninvasive Imaging Using a Quantitative Radiomics Approach. *Nat Commun.* 2014;5;1:4006.
24. Bodalal Z., Trebeschi S., Nguyen-Kim T.D.L., Schats W., Beets-Tan R. Radiogenomics: Bridging Imaging and Genomics. *Abdom. Radiol.* 2019;44:1960-1984. doi: 10.1007/s00261-019-02028-w.
25. Bera K., Schalper K.A., Rimm D.L., Velcheti V., Madabhushi A. Artificial Intelligence in Digital Pathology – New Tools for Diagnosis and Precision Oncology. *Nat. Rev. Clin. Oncol.* 2019;16:703-715. doi: 10.1038/s41571-019-0252-y.
26. Topf V., Kheifetz Y., Daum S., Ballhausen A., Schwarzer A., Trung K.V., Stocker G., Aigner A., et al. Individual Hematotoxicity Prediction of Further Chemotherapy Cycles by Dynamic Mathematical Models in Patients with Gastrointestinal Tumors. *J Cancer Res Clin Oncol.* 2023;10:6989-6998. doi: 10.1007/s00432-023-04601-9.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 11.01.2025. Принята к публикации: 15.02.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.
Article received: 11.01.2025. Accepted for publication: 15.02.2025

Р.Р. Амиров^{1,2}, Н.Б. Павлов³, Е.А. Праскурничий^{1,4}, И.С. Махнёва¹, Т.Ю. Недельская⁵

ОТКРЫТОЕ ОВАЛЬНОЕ ОКНО В ПРАКТИКЕ ВРАЧА ПО ВОДОЛАЗНОЙ МЕДИЦИНЕ

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

²Государственный научный центр институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

³Специальное конструкторское бюро экспериментального оборудования, Химки, Россия

⁴РМАНПО Минздрава России, Москва, Россия

⁵ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени

И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Контактное лицо: Амиров Рустам Рафаэлевич: Osvod7@bk.ru

Резюме

Открытое овальное окно (ООО) выявляется у практически здоровых лиц в 15-35% случаев. В обычных условиях жизни такое отклонение не является серьезной проблемой для пациента, но для отдельных категорий может быть противопоказанием к различным видам деятельности. Например, наличие ООО у водолазов с большой долей вероятности приводит к возникновению декомпрессионной болезни.

Ключевые слова: открытое овальное окно, эхокардиография, водолазная медицина, газовая эмболия

Для цитирования: Амиров Р.Р., Павлов Н.Б., Праскурничий Е.А., Махнева И.С., Недельская Т.Ю. Открытое овальное окно в практике врача по водолазной медицине // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №2. С. 72–74. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-72-74

R.R. Amirov^{1,2}, N.B. Pavlov³, E.A. Praskurnichiy^{1,4}, I.S. Makhneva¹, T.U. Nedel'skaya⁵

Patent Foramen Ovale in a Doctor's Practice in Diving Medicine

¹International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

²State Scientific Center of the Russian Federation Institute of Medico-Biological Problems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ZAO Central Design Engineering Bureau of Experimental Equipment (CDEBEE) Institute of Medico-Biological Problems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Contact person: Amirov Rustam Rafaelievich: Osvod7@bk.ru

⁴Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

⁵Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Contact person: Amirov Rustam Rafael'evich: Osvod7@bk.ru

Abstract

A patent foramen ovale (PFO) is detected in practically healthy individuals in 15-35% of cases. Under normal living conditions, such a deviation is not a serious problem for the patient, but for certain categories it may be a contraindication to various types of activities. For example, the presence of LLC in divers most likely leads to decompression sickness

Keywords: patent foramen ovale, echocardiography, diving medicine, gas embolism

For citation: Amirov RR, Pavlov NB, Praskurnichiy EA., Makhneva IS, Nedel'skaya TU. Patent Foramen Ovale in a Doctor's Practice in Diving Medicine. 2025.2:72-74. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-2-72-74

При проведении ультразвукового исследования сердца у разных категорий пациентов часто выявляют открытое овальное окно (ООО), представляющее собой неполное закрытие овального отверстия в межпредсердной перегородке. В большинстве случаев такое состояние считают «находкой» так как жалоб пациент не предъявляет, и отклонений в состоянии здоровья у него не выявляется. Согласно данным самого крупного секционного исследования, основанного более чем на 9000 аутопсий, распространенность ООО в общей популяции колеблется от 15 % до 35 % и сопоставима с данными, полученными при эхокардиографических исследованиях (15–25 %) [1]. В

большинстве случаев такой рудимент нормального кровообращения не влечет никаких осложнений и ограничений для пациента. Но совсем по-другому необходимо оценивать такое состояние у лиц подвергающихся измененному давлению окружающей среды – у водолазов, кессонщиков, летчиков [2,3,4]. Опасность связана с вторичной газовой эмболией при шунтировании справа налево через открытое овальное окно после насыщения тканей организма газами при длительном нахождении под воздействием повышенного давления окружающей среды. При обследовании дайверов врачом-барологом А.А.Митрохиным в ГКБ им. С.П. Боткина ООО выявлено у 16 здоровых (34 %) – почти как в

общей популяции. Но среди обратившихся по поводу декомпрессионной болезни (ДКБ) или имевших ДКБ в прошлом ООО выявлялось у 14 (48,2 %), а у неболевших ДКБ – только у 2 (10 %) человек. Таким образом, дайверы с ООО имеют вероятность развития ДКБ почти в четыре раза выше, чем не имевшие ООО [5].

Низкая частота выявления ООО связана с тем, что нет специфических клинических признаков, и в большинстве случаев течение носит бессимптомный характер. Выраженные нарушения могут быть визуализированы при проведении выполнения трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ) с цветовым доплером. Ввиду отсутствия значительного влияния на гемодинамику и отверстия в области овальной ямки часто в состоянии покоя могут быть закрытыми и не проявляться как ООО. В связи с этим, чреспищеводная ЭхоКГ с введением контраста является наиболее чувствительной методикой для выявления ООО и считается «золотым стандартом» диагностики с чувствительностью 79%, тогда как обычная трансторакальная ЭхоКГ обладает чувствительностью 7 %, которая увеличивается до 50 % при использовании контраста и до 62,5% при использовании контраста и тканевой гармонике [6].

В последнее время, при лечении ДКБ врачи по водолазной медицине оценивают у пациентов вероятность ООО, так как безопасность при погружениях под воду не будет зависеть от опыта, осторожности или условий погружений.

Практический случай: «Дайвер – любитель, со стажем погружений под воду более 10 лет обратился в связи с развитием ДКБ. Первый за день спуск на глубину 18 метров с экспозицией 20 минут с использованием для дыхания воздушной смеси в комфортных условиях (теплая вода, отсутствие физической нагрузки) не является критичным по части возникновения газовой эмболии. Но через несколько часов после выхода на поверхность появились дискомфорт в области коленных суставов и неприятные ощущения по передней поверхности бедер с «мраморной кожей». Обращение к врачу не сопровождалось принятием решения о необходимом лечении в условиях барокамеры. Проведен сеанс оксигенотерапии при обычном давлении (1.5 часа) и назначены НПВС. Закономерно, что устранить, таким образом, причину ДКБ – газовую эмболию не удалось. Через 2 дня у дайвера появились разлитые боли по всей ноге с обеих сторон. Продолжил медикаментозную терапию, которая незначительно купировала болевые ощущения. Через 10 дней по возвращению в Россию дайвер обратился за медицинской помощью в Москве. Выпущенная ЭхоКГ с использованием стресс-теста по методике, разработанной врачом-барологом А.А.Митрохиным в ГКБ им. С.П. Боткина выявила у пациента открытое овальное окно при физической нагрузке. Проведены 10 сеансов оксигенотерапии, состояние значительно улучшилось, большинство симптомов исчезло, за исключением «слабости в коленных суставах».

Дайверу рекомендовано дальнейшее физиотерапевтическое лечение и отказ от спусков под воду. Неполное выздоровление связано с отсроченным лечением ДКБ и вероятно недостаточной эффективностью ГБО в этом случае заболевания».

Неоднократно врачи по водолазной медицине поднимали вопрос о необходимости проведения ЭхоКГ перед занятием дайвингом или после перенесенного ДКБ. В настоящее время дайверы любители получают подтверждение годности к погружениям по результатам специального медицинского опросника или заключением после прохождения медицинского обследования. Требования обязательного проведения ЭхоКГ нет. Это определяет низкую выявляемость ООО у начинающих дайверов.

Водолазы профессионалы ежегодно проходят медицинское освидетельствование для определения годности к работе в условиях повышенного давления водной и газовой среды.

Такие требования определены:

– Приказ Министерства здравоохранения РФ от 28 января 2021 г. N 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры».

– Методические рекомендации по проведению предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) водолазов и других работников, работающих в условиях повышенного давления (утв. Федеральным медико-биологическим агентством 14 марта 2011 г.).

В соответствии с вышеуказанными нормативными документами эхокардиография обязательно проводится при предварительном медицинском осмотре и в дальнейшем по показаниям. Напомним, что стандартное такое исследование не является гарантией выявления ООО.

Заключение

Учитывая высокую вероятность возникновения декомпрессионной болезни у лиц с открытым овальным окном, мы считаем необходимым обязательное проведение исследования нацеленного на активное выявление ООО при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды. Необходима корректировка нормативных актов по медицинскому осмотру профессиональных водолазов. Важно также и проведение активной пропаганды среди дайверов-любителей о необходимости прохождения полноценного медицинского обследования перед началом обучения дайвингу.

Так как высокоинформативная чреспищеводная ЭхоКГ с введением контраста достаточно сложна и дорога, необходима разработка более доступных методов, в частности как ЭхоКГ с проведением стресс-теста.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бова А.А., Рудой А.С., Нехайчик Т.А. Открытое овальное окно: вопросы диагностики и экспертизы // Медицинские новости. 2017. №4. С. 4-9. Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/otkrytoe-ovalnoe-okno-voprosy-diagnostiki-i-ekspertizy>.
2. Pinto F.J. When and How to Diagnose Patent Foramen Ovale // Heart. 2005. No.91. P. 438.
3. Seiler C. How Should we Assess Patent Foramen Ovale? // Heart. 2004. No.90. P. 1245-1247.
4. Sommer R.J., Hijazi Z.M., Rhodes J.F. Pathophysiology of Congenital Heart Disease in the Adult. Part I: Shunt Lesions // Circulation. 2008. No.117. P. 1090-1099.
5. Митрохин А.А., Едигарова О.М., Воднева М.М. Открытое овальное окно и его влияние на вероятность возникновения и тяжесть течения ДКБ // Нептун. 2016. №6. С. 98-101.
6. Кужель Д.А., Матюшин Г.В., Савченко Е.А. Вопросы диагностики открытого овального окна // Сибирское медицинское обозрение. 2014. Т.1. №85. С. 70-75. Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-diagnostiki-otkrytogo-ovalnogo-okna>.
7. Огнерубов Д.В., Меркулов Е.В., Чечёткин А.О., Каршиева А.Р., Терещенко А.С., Макеев М.И., Саидова М.А., Салихов С.Г., Самко А.Н. Эндovasкулярное закрытие открытого овального окна у дайверов с декомпрессионной болезнью в анамнезе. Обзор литературы и собственные клинические наблюдения // Нервные болезни. 2020. №2. С. 23-27. Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/endovaskulyarnoe-zakrytie-otkrytogo-ovalnogo-okna-u-dayverov-s-dekmpressionnoy-boleznyu-v-anamneze-obzor-literatury-i-sobstvennye>

REFERENCES

1. Bova A.A., Rudoy A.S., Nekhaychik T.A. Patent Oval Window: Diagnostic and Examination Issues. Meditsinskiye Novosti = Medical News. 2017;4:4-9 (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otkrytoe-ovalnoe-okno-voprosy-diagnostiki-i-ekspertizy>.
2. Pinto F.J. When and How to Diagnose Patent Foramen Ovale. Heart. 2005;91:438.
3. Seiler C. How Should we Assess Patent Foramen Ovale? Heart. 2004;90:1245-1247.
4. Sommer R.J., Hijazi Z.M., Rhodes J.F. Pathophysiology of Congenital Heart Disease in the Adult. Part I: Shunt Lesions. Circulation. 2008;117:1090-1099.
5. Mitrokhin A.A., Yedigarova O.M., Vodneva M.M. Patent Foramen Ovale and its Influence on the Probability of Occurrence and Severity of DCS. Neptun = Neptune. 2016;6:98-101.
6. Kuzhel' D.A., Matyushin G.V., Savchenko Ye.A. Diagnostics of the Patent Oval Window. Sibirskoye Meditsinskoye Obozreniye = Siberian Medical Review. 2014;1;85:70-75. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-diagnostiki-otkrytogo-ovalnogo-okna>.
7. Ognrubov D.V., Merkulov Ye.V., Chechotkin A.O., Karshiyeva A.R., Tereshchenko A.S., Makeyev M.I., Saidova M.A., Salikhov S.G., Samko A.N. Endovascular Closure of Patent Foramen Ovale in Divers with a History of Decompression Sickness. Literature Review and Own Clinical Observations. Nervnyye Bolezni = Nerve Diseases. 2020;2:23-27. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/endovaskulyarnoe-zakrytie-otkrytogo-ovalnogo-okna-u-dayverov-s-dekmpressionnoy-boleznyu-v-anamneze-obzor-literatury-i-sobstvennye>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 17.01.2025. Принята к публикации: 19.02.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.
Article received: 17.01.2025. Accepted for publication: 19.02.2025



ФМБА России

Федеральное медико-биологическое агентство



Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской
Федерации – Федеральный медицинский
биофизический центр имени А.И. Бурназяна»
Федерального медико-биологического агентства



24 и 27 мая 2025 года

Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России под председательством генерального директора
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
член-корреспондента РАН, д.м.н, профессора Самойлова А.С. проводит
**VII Научно-практическую конференцию «Научный авангард»
и медико-биологическую студенческую олимпиаду.**

24 мая 2025г. – Медико-биологическая студенческая олимпиада.

Приглашаются слушателями все желающие.

в рамках олимпиады будут проведены:

- конкурс на знание основ медико-биологической науки среди студентов;
- конкурс по основам использования электрокардиографического и других диагностических методов в клинической практике;
- день открытых дверей, где студенты смогут познакомиться с историей медицинского обеспечения работ в области атомной энергетики, Федерального медицинского биофизического центра, его научным потенциалом и направлениями научных исследований, проводимой образовательной деятельностью, работой аккредитационно-симуляционного центра МБУ ИНО.

**К участию в Олимпиаде приглашаются студенты медицинских вузов и факультетов,
обучающихся по любому профилю и на любом курсе.**

По итогам Олимпиады будут определены победители.

27 мая 2025г. –

**VII Научно-практическая конференция молодых ученых «Научный авангард» –
пленарное и секционные заседания.**

В рамках конференции будет проведена специальная сессия-конкурс студенческих научных работ, выполненных по медико-биологической тематике.

К участию в работе Конференции приглашаются аспиранты и ординаторы.

Место проведения:

МБУ ИНО ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, ул. Живописная, 46 корп.8 (3 этаж, конференц-зал).

По вопросам участия обращаться к Ответственному секретарю оргкомитета.

e-mail: PyasH_2010@mail.ru; mbu-nauka@mail.ru

