



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

ISSN 2782-6430 (print)

ISSN 3033-5639 (online)

КЛИНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

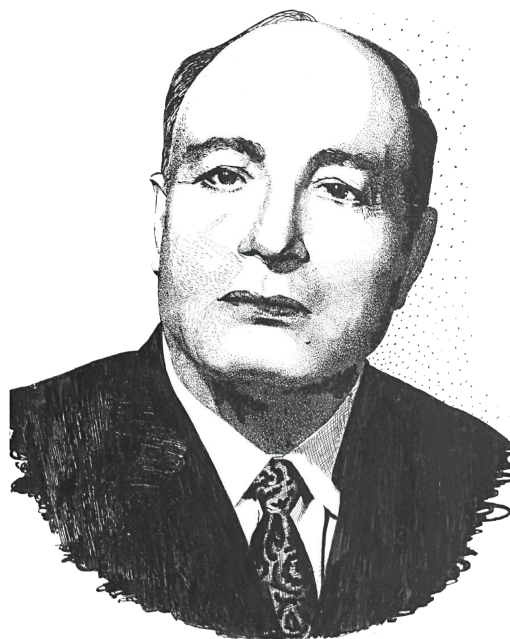
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center

CLINICAL BULLETIN

2026

№2



КЛИНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. № 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: **Удалов Юрий Дмитриевич** – д.м.н., профессор;
Заместитель главного редактора: **Олесева 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, МНЦ 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.
Казаков 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.
Попугаев 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.
Сергеев 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 ФНКЦ физико-химической медицины ФМБА России.
Киочи Такаори (Kioichi Takaoi) – MD, PhD, FACS, FMS(H) 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 10.03.2026. Формат 60×90/8 Печать офсетная. 14.5 печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 2026

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

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center

ISSN 2782-6430 (print)
ISSN 3033-5639 (online)CLINICAL
BULLETIN

Klinicheskii Vestnik

2026. № 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: **Udalov Yu.D.** – Dr. Sci. Med., Prof.;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.

Zhuravel' S.V. –

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.

Popugaev 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.

Shakhovich P.G. –

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

Sheikh Zh.V. –

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 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 NDJ website: https://klinvest.fmbafmbc.ru/review_ruRequirements: https://klinvest.fmbafmbc.ru/rules_ru

Computer-aided makeup: Likhacheva S.K.

Editorial Office Address: 46, Zhivopisnaya st., Moscow, Russia, 123098. Phone: +7 (903) 796-4195. E-mail: rcdm@mail.ruThe 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 10.03.2026. Format 60×90/8. Offset printing. 14.5 printed sheets. 1000 copies. Order 2026

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

СОДЕРЖАНИЕ

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ
МЕДИЦИНА

Антидопинговая деятельность в процессе медико-биологического обеспечения спортсменов
Деревоедов А.А., Рылова Н.В., Жолинский А.В., Феценко В.С., Высотский И.Э., Выходец И.Т., Павлова А.А.

13 Психологическая работа с военнослужащими после боевых ранений в отделении реконструктивно-восстановительной травматологии и реабилитации с комбустиологическими койками центра комбинированных поражений
Орлова Н.З., Киш А.А., Умников А.С.

17 Влияние коморбидного фона на результаты ранней реабилитации и функциональное восстановление пожилых пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава
Горнов С.В., Плетнер О.И.

23 Обзор современных подходов к оценке и прогнозированию показателей МПК и PWC у спортсменов
Назаров С.В., Самойлов А.С., Круглова И.В.

36 Природоподобные технологии в системе повышения функциональной готовности спортсменов
Голобородько Е.В., Разинкин С.М., Андреев Д.А., Киш А.А.

42 Оценка эффективности использования биологической обратной связи при реабилитации ампутантов с боевой травмой
Лебедев А.О., Орлова Н.З., Умников А.С., Голобородько Е.В., Разинкин С.М., Киш А.А.

51 Методологические подходы к ранней диагностике скрытой дисфункции сердца
Андреев Д.А., Киш А.А., Разинкин С.М.

ВНУТРЕННИЕ
БОЛЕЗНИ

59 Осведомлённость о правилах домашнего мониторинга артериального давления: назрела неотложная необходимость в стандартизированном обучении пациентов
Бетуганова А.Т., Удалов Ю.Д., Мартынова Т.А., Захарова А.А., Медведева В.М., Урванова П.Ю., Паринов О.В.

66 Инфаркт миокарда у пациента с миодистрофией Эрба-Рота. Клинический случай
Ильин А.А., Косова С.С., Волков К.А., Богданова Т.М., Кривуля Е.Ю.

ОНКОЛОГИЯ

73 Эволюция научных представлений о гемодинамике в артериях: от классической физики к вычислительному моделированию
Удалов Ю.Д., Бетуганова А.Т., Мартынова Т.А.

79 Реабилитация пациентов со злокачественными новообразованиями молочной железы после специализированного лечения. Литературный обзор
Каушанская С.Ю., Удалов Ю.Д., Завьялов А.А.

88 Особенности иммунного статуса у пациентов с лимфомой Ходжкина, ассоциированные с патогенетической терапией
Удалов Ю.Д., Токарева М.И., Китаева Ю.С., Суморокова Е.Ю., Е.В. Кузнецова

93 Исследование распространенности переломов позвонков у пациентов с лимфомой Ходжкина и связи с минеральной плотностью кости, оцененной с помощью двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии
Блинов В.С., Удалов Ю.Д., Китаева Ю.С., Лобова М.Д., Е.В. Кузнецова

ГЕМАТОЛОГИЯ

99 Эффективен ли Венетоклакс в комбинации со стандартной терапией рецидивов диффузной В-крупноклеточной лимфомы?
Бутаев Л.С., Жеребцова В.А., Бутаева М.С., Санникова М.А., Черников М.В., Урнова Е.С., Кисилчина Д.Г., Булусов М.П., Кручинкина Ю.А., Птушкин В.В., Астрелина Т.А.

108 Лейкозы и метаболический синдром: клинические особенности, двунаправленная связь
Праскурничий Е.А., Удалов Ю.Д., Китаева Ю.С., Юргин Б.Г.

113 Развитие метаболических нарушений на фоне патогенетической терапии гемобластозов. Сравнительный анализ клинических случаев
Удалов Ю.Д., Китаева Ю.С., Юргин Б.Г., Паринов О.В.

CONTENTS

REHABILITATION AND SPORTS MEDICINE	5	Anti-Doping Activities in the Process of Medical and Biological Support for Athletes of the Russian Federation National Sports Teams <i>Derevoedov A.A., Rylova N.V., Zholinsky A.V., Feshchenko V.S., Vysotsky I.E., Vykhodets I.T., Pavlova A.A.</i>
	13	Psychological Work with Military Personnel After Battle Wrangles in the Department of Reconstructive Traumatology and Rehabilitation with Combustiology Couples of the Combined Wounds Center <i>Orlova N.Z., Kish A.A., Umnikov A.S.</i>
	17	Effectiveness of a Differentiated Approach to Early Rehabilitation of Elderly Patients After Hip Arthroplasty Based on the Comorbidity Index <i>Gornov S.V., Pletner O.I.</i>
	23	An Overview of Modern Approaches to Assessing and Predicting IPC and PWC Performance Among Athletes <i>Nazarov S.V., Samoylov A.S., Kruglova I.V.</i>
	36	Nature-Like Technologies in the System of Increasing the Functional Readiness of Athletes <i>Goloborod'ko Y.V., Razinkin S.M., Andreyev D.A., Kish A.A.</i>
	42	Evaluation of the Effectiveness of Biofeedback in the Rehabilitation of Amputees with Combat Trauma <i>Lebedev A.O., Orlova N.Z., Umnikov A.S., Goloborodko E.V., Razinkin S.M., Kish A.A.</i>
INTERNAL DISEASES	51	Methodological Approaches to Early Diagnostics of Hidden Heart Dysfunction <i>Andreev D.A., Kish A.A., Razinkin S.M.</i>
	59	Awareness of Home Blood Pressure Monitoring: There is an Urgent Need for Standardized Patient Education <i>Betuganova A.T., Udalov Yu.D., Martynova T.A., Zakharova A.A., Medvedeva V.M., Urvanova P.Y., Parinov O.V.</i>
	66	Myocardial Infarction in a Patient with Herb-Roth Myodystrophy. Clinical Case <i>Ilyin A.A., Kosova S.S., Volkov K.A., Bogdanova T.M., Kryvulia K.Y.</i>
	73	Evolution of Scientific Concepts of Hemodynamics in Arteries: from Classical Physics to Computational Modeling <i>Udalov Yu.D., Betuganova A.T., Martynova T.A.</i>
ONCOLOGY	79	Rehabilitation of Patients with Stages I-III Breast Cancer After Specialized Treatment. Literature Review <i>Kaushanskaya S.Yu., Udalov Yu.D., Zavialov A.A.</i>
	88	Features of Immunological Status in Patients with Hodgkin's Lymphoma Associated with Pathogenetic Therapy <i>Udalov Y.D., Tokareva M.I., Kitaeva Y.S., Sumorokova E.Yu., E.V. Kuznetsova</i>
	93	A Study the Prevalence of Vertebral Fractures in Patients with Hodgkin's Lymphoma and its Association with Bone Mineral Density Assessed by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry <i>Blinov V.S., Udalov uY.D., Kitaeva Yu.S., Lobova M.D., E.V. Kuznetsova</i>
HEMATOLOGY	99	Is Venetoclax Effective in Combination with Standard Therapy for Relapses of Diffuse Large B-Cell Lymphoma? <i>Butaev L.S., Zherebtsova V.A., Butaeva M.S., Sannikova M.A., Chernikov M.V., Urnova E.S., Kisilchina D.G., Bulussov M.P., Kruchinkina Yu.A., Ptushkin V.V., Astrelina T.A.</i>
	108	Leukemias and Metabolic Syndrome: Clinical Features, Bidirectional Relationship <i>Praskurnichiy E.A., Udalov Y.D., Kitayeva Y.S., Yurgin B.I.</i>
	113	TDevelopment of Metabolic Disorders During Pathogenetic Therapy for Hemoblastoses. A Comparative Analysis of Clinical Cases <i>Udalov Y.D., Kitaeva Yu.S., Jurgin B.G., Parinov O.V.</i>

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

АНТИДОПИНГОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПОРТСМЕНОВ

¹ФГБУ «Национальный центр спортивной медицины ФМБА», Москва, Россия²Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия³ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

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

Резюме

Организация противодействия допингу в спорте постоянно подвергается критике со стороны спортивной общественности в силу невысокой эффективности этой работы. Ежегодные отчеты Всемирного антидопингового агентства (далее – ВАДА) показывают, что при постоянно растущем объеме тестов и лабораторных исследований, совершенствовании подходов к планированию, включении в этот процесс искусственного интеллекта, выявляется менее 1% нарушений от количества проведенных лабораторных исследований. Такие результаты привели к необходимости пересмотра приоритетов антидопинговой политики, в частности, к более широкому внедрению мероприятий, направленных на предупреждение нарушений антидопинговых правил.

Роль специалистов по спортивной медицине в проведении профилактической работы по предупреждению нарушений чрезвычайно высока. Это направление антидопинговой работы также постоянно совершенствуется. Изначально врачу отводилась хоть и важная, но скромная роль, сведенная к своевременному и качественному оформлению медицинских документов для запроса на терапевтическое использование запрещенных субстанций и методов и влиянию на мировоззрение спортсмена с целью предотвратить использование допинга. В настоящее время документы ВАДА все большее внимание уделяют активному вовлечению специалистов по спортивной медицине в разработку и реализацию образовательных программ антидопинговой направленности, а также психологическим, этическим и социальным аспектам антидопинговой работы.

Одним из следствий увлечения допинг-контролем стало ничтожное финансирование остальных направлений работы, включая образовательные программы и научные исследования. Все документы ВАДА, в том числе Кодекс ВАДА и международные стандарты предназначались для использования антидопинговыми организациями (далее – АДО) и спортсменами. После принятия последней редакции Кодекса ВАДА и внедрения Международного стандарта по образованию количество материалов для врачей, размещенных на сайтах АДО, существенно возросло, но по-прежнему, эти материалы затрагивали, как правило, организационные вопросы работы специалистов по спортивной медицине и в меньшей степени – профессиональные.

Как показал опыт работы по предупреждению нарушений антидопинговых правил специалистами по спортивной медицине ФМБА России, профессиональные помощь и консультации востребованы специалистами. Эта работа позволяет донести до врачей изменения, регулярно происходящие в документах АДО, разъяснить эти изменения помочь применить их на практике. Появляется возможность активного включения в такие мероприятия новых работников, не имевших ранее опыта антидопинговой работы. Мероприятия по противодействию допингу в спорте, ориентированные на специалистов по спортивной медицине, требуют постоянного анализа и совершенствования различных ее аспектов.

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

Для цитирования: Деревоедов А.А., Рылова Н.В., Жолинский А.В., Фещенко В.С., Высотский И.Э., Выходец И.Т., Павлова А.А. Антидопинговая деятельность в процессе медико-биологического обеспечения спортсменов //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 05–12 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-05-12

DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-05-12

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

Anti-Doping Activities in the Process of Medical and Biological Support for Athletes of the Russian Federation National Sports Teams

¹Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency", Moscow, Russia²Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia³International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

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

Abstract

The organization of anti-doping in sports is constantly criticized by the sports community due to its low effectiveness. The annual reports of the World Anti-Doping Agency (WADA) show that despite the increasing number of tests and laboratory studies, as well as the improvement of planning approaches and the inclusion of artificial intelligence in this process, less than 1% of violations are detected among the number of laboratory studies conducted. These results have led to the need to reevaluate the priorities of anti-doping policy, including the broader implementation of measures aimed at preventing violations of anti-doping rules.

The role of sports medicine specialists in conducting preventive work to prevent violations is extremely high. This area of anti-doping work is also constantly being improved. New approaches that were previously underestimated are emerging and being discussed. Initially, the doctor was assigned an important but modest role, which was limited to the timely and high-quality preparation of medical documents for requesting the therapeutic use of prohibited substances and methods, as well as influencing the athlete's worldview to prevent the use of doping. However, WADA's documents now emphasize the active involvement of sports medicine specialists in the development and implementation of anti-doping educational programs, as well as the psychological, ethical, and social aspects of anti-doping work. One of the consequences of the focus on doping control was the lack of funding for other areas of work, including educational programs and scientific research. All of WADA's documents, including the WADA Code and international standards, were intended for use by anti-doping organizations (ADOs) and athletes.

After the adoption of the latest version of the WADA Code and the implementation of the International Standard for Education, the number of materials for doctors posted on the ADO websites has increased significantly, but these materials still focus primarily on organizational issues related to the work of sports medicine specialists and to a lesser extent on professional issues.

As the experience of sports medicine specialists from the Federal Medical and Biological Agency of Russia has shown, professional assistance and consultations are in high demand. This work allows doctors to stay informed about the changes that occur regularly in the ADO documents, explains these changes, and helps them apply them in practice. It is possible to actively involve new employees who previously had no experience in anti-doping work in such events. Anti-doping work in sports, which focuses on sports medicine specialists, requires constant analysis and improvement of various aspects.

Keywords: *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, Zholinsky AV, Feshchenko VS, Vysotsky IE, Vykhodets IT, Pavlova AA. Anti-Doping Activities in the Process of Medical and Biological Support for Athletes of the Russian Federation National Sports Teams. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:05-12. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-05-12

Начало современному этапу противодействия допингу положило создание в 1999 году Всемирного антидопингового агентства (далее – ВАДА). Основной целью создания этой организации было перенесение тяжести антидопинговой работы с Международного олимпийского комитета (далее – МОК) на независимую организацию, поскольку к концу 90-х годов выросло количество нарушений антидопинговых правил, список классов субстанций, влияющих на спортивный результат, существенно расширился, как и критика МОК из-за неспособности эффективно бороться с допингом.

Направления и организацию борьбы с допингом в спорте определяют ряд международных и национальных документов. Первые варианты запрещенного списка появились еще в 60-х годах и включали 4 класса. При этом до 90-х годов большая часть входящих в него субстанций не могла быть выявлена в лабораториях из-за отсутствия методик. По мере совершенствования лабораторного оборудования росла эффективность исследований и, как следствие – количество выявляемых нарушений. От ВАДА требовалось существенно повысить эффективность предупреждения нарушений антидопинговых правил и выявления запрещенных субстанций в пробах. Созданные за полгода до ВАДА национальные антидопинговые организации США и Австралии подготовили основные документы, включая первые версии международных стандартов, материалов в помощь комитетам по терапевтическому использованию и ряд других. В 2001 году была разработана первая версия Всемирного антидопингового кодекса ВАДА (далее – Кодекс ВАДА, Кодекс), которая была введена в действие во время Олимпийских игр в Афинах в 2004 году, когда полномочия по борьбе с допингом были переданы от МОК к ВАДА. Таким образом, Кодекс ВАДА стал первым международным доку-

ментом, в котором были описаны все разделы антидопинговой работы. Он обновляется каждые 5 лет в ходе широкого обсуждения заинтересованными лицами и дальнейшего принятия документа Исполнительным комитетом и Советом учредителей ВАДА. Очередная версия принята в 2025 году на Всемирной конференции ВАДА в южнокорейском Пусане. В силу эта версия Кодекса вступит с 1 января 2027 года.

Являясь основным документом, регулирующим борьбу с допингом на глобальном уровне, Кодекс устанавливает единые стандарты для всех спортивных федераций и стран, определяет запрещенные вещества и методы, а также процедуры допинг-контроля. Он включает 4 главы и приложения. В главе «Допинг-контроль» дается определение нарушениям антидопинговых правил, подробно описаны все разделы допинг-контроля, включающего тестирование, исследование проб в антидопинговых лабораториях, обработку результатов, санкции и апелляции. В других главах Кодекса обсуждается организация и проведение образовательных программ и научных исследований, роли и ответственность участников процесса, а также порядок внесения изменений в Кодекс [1].

Последняя версия Кодекса, принятая в 2021 году, ставит на первое место среди разделов всемирной антидопинговой программы здоровье спортсмена и указывает на важность участия специалистов по спортивной медицине в процессе защиты здоровья спортсменов и обеспечения честной конкуренции. Подчеркивается необходимость соблюдать принципы, изложенные в Кодексе, при назначении лекарственных средств спортсменам, подлежащим допинг-контролю [1].

С целью детализации основных направлений борьбы с допингом ВАДА разрабатывает документы, ориентированные, в первую очередь, на

антидопинговые организации и подписантов Кодекса – так называемых «заинтересованных лиц». Прежде всего, это международные стандарты ВАДА, описывающие процессы допинг-контроля (Международный стандарт по тестированию и исследованиям, Международный стандарт для лабораторий, Международный стандарт по управлению результатами тестирования), порядок применения запрещенных в спорте субстанций и методов (Международный стандарт «Запрещенный список», Международный стандарт по терапевтическому использованию), а также стандарты, регламентирующие отдельные направления антидопинговой работы (Международный стандарт по защите персональных данных, Международный стандарт по соответствию Кодексу ВАДА, Международный стандарт по образованию). Все международные стандарты наряду с Кодексом ВАДА являются обязательными для исполнения в странах, ратифицировавших Международную Конвенцию «О борьбе с допингом в спорте». Сегодня Кодекс ВАДА вместе с обязательными международными стандартами, техническими документами и 12 необязательными руководящими принципами составляют Всемирную антидопинговую программу, направленную на гармонизацию антидопинговой политики, правил и предписаний спортивных и государственных органов [1]

Необходимость в межправительственном документе, направленном на борьбу с допингом, возникло в связи с тем, что ВАДА, разработавшее Кодекс, является общественной организацией, документы которой необязательны для исполнения правительствами, как этого подразумевает Кодекс ВАДА и международные стандарты. Международная Конвенция «О борьбе с допингом в спорте», была принята в 2005 году на 33-й сессии Генеральной конференции Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры в Париже (ЮНЕСКО) [2]. Российская Федерация ратифицировала Конвенцию в 2006 году¹.

В Российской Федерации положения международных документов, регламентирующих борьбу с допингом в спорте, включены в различные нормативные акты, как этого требуют Конвенция ЮНЕСКО. Основным документом, регламентирующим борьбу с допингом в спорте в Российской Федерации, является Федеральный закон от 4 декабря 2007 года № 329-ФЗ «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» (далее – Закон)².

В статье 26 Закона дано определение допингу, перечислены основные направления борьбы с допингом, а также обязанности органов исполнительной власти и организаций в реализации мер по предотвращению допинга в спорте и борьбе с ним. В статье 26 прим Закона определены статус, цели и

полномочия общероссийской антидопинговой организации. Основной задачей общероссийской антидопинговой организации является разработка и утверждение общероссийских антидопинговых правил, обеспечение их соблюдения, а также реализация элементов допинг-контроля.

Федеральным законом от 28.02.2023 № 49-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» внесены изменения, влияющие на организацию работы медицинских работников, к трудовой функции которых относится оказание медицинской помощи спортсменам любого уровня. Введено понятие «специалист по спортивной медицине», объединившее специалистов с высшим и средним специальным медицинским образованием, для которых установлена административная и уголовная ответственность за нарушения антидопинговых правил³.

На протяжении длительного времени – от начала сравнительно активной борьбы с допингом в 20-х годах прошлого века, когда были приняты первые антидопинговые документы Международной федерацией легкой атлетики, и до вступления в силу первых документов ВАДА допинг-контроль уделялось основное внимание при планировании и осуществлении антидопинговых мероприятий. Другие направления борьбы с допингом и, прежде всего образование, хоть и упоминались в документах ВАДА, но финансировались по остаточному принципу. Это же можно отнести и к научным исследованиям в сфере антидопингового образования.

Истинную распространенность применения допинга в спорте сложно оценить с какой-либо степенью достоверности [3]. В большом исследовании, обобщающем известные факты применения допинга, сообщается, что распространенность допинга при соревновательном тестировании составляет от 0% до 73% [4]. Высокий разброс между исследованиями не удивителен, учитывая различные методологические подходы, используемые для определения распространенности [13], а также особенности влияния допинга на результат в разных видах спорта, различия в спортивных культурах, знаниях спортсменами антидопинговых правил и т.д. [5, 6].

Допинг-контроль сам по себе имеет ряд ограничений в выявлении запрещенных субстанций, включая, помимо прочего, короткий период обнаружения и низкую чувствительность теста к определенным веществам, а также высокую предсказуемость тестирования, особенно соревновательного [7], что позволяет спортсменам, намеревающимся использовать допинг, «подготовиться» к тестированию.

Поддержание эффективной программы распределения тестов имеет решающее значение для успеха антидопингового движения и доверия к нему.

¹Федеральный закон РФ № 240-ФЗ «О ратификации Международной конвенции о борьбе с допингом в спорте» от 27.12.2006г. №240-ФЗ Электронный документ (дата обращения 04.03.2025)

²Федеральный закон от 04.12.2007 № 329-ФЗ (ред. от 06.03.2022) «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» <https://base.garant.ru/12157560/> Электронный документ (дата обращения 04.03.2025)

³Федеральный закон от 28.02.2023 № 49-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» Электронный документ (дата обращения 04.03.2025)

Значительно более низкий процент выявления положительных проб по сравнению с предполагаемой реальной распространенностью допинга заставил ряд специалистов подвергнуть сомнению и критике эффективность допинг-тестирования, усилия по борьбе с допингом в целом [8], утверждать, что нынешняя практика непригодна для выявления допинга [9] и что антидопинговые органы больше озабочены количеством взятых проб, чем выявлением допинга [10], что, судя по отчетам антидопинговых организаций (далее – АДО), недалеко от истины. Предлагается проводить различие между профилактическим тестированием и тестированием, направленным на выявление употребления запрещенных веществ и методов, хотя такой подход выглядит как попытка оправдания низкой эффективности допинг-контроля и ведет к дополнительным затратам на «профилактическое тестирование» без достаточного обоснования.

В поддержку профилактического тестирования ВАДА опубликовало в 2025 году пресс-релиз о результатах исследования, посвященного влиянию антидопингового тестирования на частоту неблагоприятных результатов анализов. Было проведено сравнение результатов тестирования спортсменов на применение агонистов рецепторов эритропоэтина (далее – ЭПО) в группах, где была реализована программа биологического паспорта спортсмена (далее – БПС), и без участия спортсменов в этой программе. Программа БПС позволила повысить эффективность выявления в 6 раз. При этом авторы исследования подчеркивают, что сам факт прохождения тестирования, даже однократного, оказывает сдерживающее воздействие на употребление допинга. Эти результаты должны изменить представление о том, что увеличение числа положительных тестов является показателем успеха в борьбе с допингом, учитывая, что конечная цель состоит в том, чтобы снизить этот показатель, в первую очередь удерживая спортсменов от употребления допинга [11].

В случае профилактического тестирования объем программы распределения тестов с точки зрения количества тестов и анализов, вероятно, будет положительно связан со степенью достигнутого сдерживающего эффекта. Однако в литературе недостаточно информации о том, как работает сдерживающий эффект в практическом контексте допинг-тестирования. Если основной целью является выявление допинга, тестирование должно учитывать риск и использовать интеллектуальный подход, при этом качество планирования распределения тестов важнее количества отобранных проб. При анализе эффективности допинг-контроля следует учитывать количество протестированных спортсменов, а не только количество взятых проб, поскольку это позволяет более точно оценить способность тестов выявлять допинг среди спортсменов [12].

Большинство спортсменов хотят выступать чистыми и поддерживают различные шаги, предпринимаемые спортивными и антидопинговыми организациями [13]. Чтобы сохранить доверие спортсменов, правительств и других заинтересован-

ных сторон, АДО должны принимать меры по повышению эффективности тестирования и своевременно представлять данные о результатах тестирования [14]. Необходимо отметить такое направление как совершенствование БПС как одного из перспективных направлений борьбы с допингом. БПС был впервые представлен в 2009 году, и направлен на пресечение практики применения допинга в спорте, косвенно указывая на возможное использование запрещенных субстанций или методов [15]. Хотя лабораторные методы обнаружения постоянно совершенствуются, короткий период обнаружения некоторых субстанций остается основным препятствием для прямого обнаружения [16]. Первый внедренный модуль БПС включал гематологические маркеры, чувствительные к различным протоколам применения допинга крови, таким как стимуляторы эритропоэза и аутологичные переливания крови [17]. Второй модуль был разработан для борьбы с так называемыми «псевдоэндогенными стероидами» (то есть эндогенными стероидами, которые вводятся экзогенно), и основывался на скрининге биомаркеров мочи. На основе данных, полученных ранее, пороговые значения для каждого спортсмена индивидуализировались по мере записи точек измерения [17]. В связи с тем, что существуют ограничения метода, связанные с физиологическими факторами и влиянием окружающей среды, а также снижением чувствительности при применении микродозирования [18], необходима постоянная разработка новых перспективных подходов к дальнейшему совершенствованию БПС.

ВАДА уже более десяти лет разрабатывает эндокринный модуль БПС для борьбы с допингом и, в частности, для решения проблемы использования гормонов роста [19]. Исследовано большое количество биомаркеров, которые демонстрируют обнадеживающие результаты при применении модели БПС, несмотря на короткие периоды обнаружения. Хотя объявлено о введении в действие эндокринного модуля, эффективность его применения все еще вызывает множество вопросов.

Ключевое значение в борьбе с допингом приобретает применение искусственного интеллекта, которое изучается в течение нескольких лет и должно стать предметом дальнейших исследований. Первоначально была разработана инновационная стратегия, направленная на улучшение целевого тестирования за счет выделения аномальных паттернов [20]. Такой подход, который и сейчас кажется перспективным, не привел, тем не менее, к улучшению обнаружения запрещенных субстанций в пробах. В качестве альтернативы биологическим матрицам был предложен мониторинг производительности [21]. Был предложен «паспорт достижений спортсмена», использующий такие данные, как результаты соревнований или критическая мощность, для построения индивидуальной траектории карьеры [22]. Представленные модели могут способствовать отслеживанию аномальных характеристик и повышению эффективности выявления нарушений. Неизвестно, внедрен ли такой подход и каковы его результаты.

Антидопинговые меры – это нечто большее, чем сбор проб и показатели выявления. Аналогичная работа должна проводиться и в других областях антидопинговой деятельности, прежде всего в антидопинговом образовании, которое в настоящее время считается краеугольным камнем глобальных антидопинговых усилий и важной профилактической стратегией для успешной борьбы с допингом, но где эффект большинства программ, по мнению отдельных авторов, невелик или малоизвестен и требует дальнейшего изучения [23].

При организации работы антидопинговых организаций основной упор был сделан на совершенствовании допинг-контроля, что требовало направления больших финансовых ресурсов на закупку и обновление дорогостоящего оборудования, разработку методов выявления запрещенных субстанций и методов и финансирование научных исследований. Низкая эффективность как прямого, так и неаналитического выявления нарушений заставили пересмотреть такой подход. Лишь спустя почти 20 лет после принятия первого Кодекса ВАДА и международных стандартов был принят и внедрен Международный стандарт по образованию, содержащий рекомендации антидопинговым организациям и заинтересованным лицам. Этот стандарт был принят ВАДА в 2021 году с целью сохранения духа спорта, а также содействия созданию чистой спортивной среды. Документ был разработан в рамках Всемирной антидопинговой программы и является обязательным для исполнения подписавшимися сторонами. Как указывает ВАДА, «образование, как одна из стратегий предотвращения (куда также входят стратегии сдерживания, выявления и принудительного исполнения), указанная в Кодексе, направлено на то, чтобы пропагандировать модель поведения, которая соответствует ценностям чистого спорта, а также на помощь спортсменам и другим лицам в предупреждении применения допинга». Знакомство спортсмена с антидопинговой работой должно проходить в процессе участия в образовательных программах, а не во время допинг-контроля [1,24].

Эффективность антидопингового образования находит все больше подтверждений. Если в начале двухтысячных годов основные ресурсы направлялись на проведение и совершенствование тестирования, то в последнее время все больше внимание уделяется разработке и внедрению эффективных образовательных программ. Принятие ВАДА образовательного стандарта активизировало работу антидопинговых организаций и заинтересованных лиц по разработке и совершенствованию программ, направленных на повышение осведомленности спортсменов и персонала спортсменов о рисках нарушения антидопинговых правил и предупреждение нарушений. Эти программы носят все более системный характер, основываются на научных исследованиях и учитывают рекомендации АДО.

Антидопинговые программы, разработанные и внедренные в Казахстане показали, что спортсмены, прошедшие курсы антидопингового образования и допинг-контроля, продемонстрировали более высокий

уровень знаний в области противодействия допингу [25]. Авторы считают, что такие программы необходимо внедрять не только в спортивную среду, но и в систему образования университетов и общеобразовательных школ, чтобы предотвратить использование запрещенных и опасных веществ спортсменами в будущем. Более того, эффективная антидопинговая политика должна быть широко внедрена в национальную спортивную систему для повышения уровня знаний спортсменов о допинге, чтобы сохранить спорт как занятие, укрепляющее здоровье. Важным представляется повышение осведомленности студентов медицинских вузов о негативных последствиях употребления допинга и нарушения антидопинговых правил путем предоставления им базовых знаний в области антидопинга [26]. Отмечается также высокая эффективность такого подхода как внедрение специально разработанного междисциплинарного модуля «Основы антидопингового обеспечения» в программу подготовки курсантов Военного института физической культуры [27]. Применение современных технологий позволяет существенно повысить эффективность формирования профессиональной компетенции студентов в области противодействия допингу. Авторы показали, что использование электронной информационной образовательной среды способствует более глубокому и эффективному изучению проблемы допинга в спорте благодаря наглядности, доступу к релевантной информации и эффективной обратной связи [28].

Допинг, особенно в любительских видах спорта, все чаще признается проблемой общественного здравоохранения. Эта проблема вышла за рамки спортивных соревнований [29]. Акцент смещается на группы молодежи, не занимающиеся спортом, что отражает понимание того, что профилактика – это дело не только спортсменов и персонала спортсменов, но и общества в целом. Образование, подчеркивающее преимущества отказа от психоактивных веществ, играет решающую роль в защите здоровья молодых людей от соблазна употребления средств, повышающих работоспособность. Этот подход согласуется с мнением о том, что профилактика допинга должна быть направлена не только на тех, кто занимается профессиональным или соревновательным спортом [30].

Важным аспектом, который следует учитывать, являются эмоции, которые служат мощным мотиватором поведения, и которые часто упускаются из виду теоретическими подходами к борьбе с допингом [31]. Авторы рассматривают концепцию, относящуюся к предполагаемой способности человека управлять конкретными ситуациями или проблемами, которые могут представлять угрозу для его благополучия или преодолевать их. Эта концепция важна, поскольку она формирует поведение, влияя на устойчивость в трудных обстоятельствах, восприимчивость к социальному давлению, а также на выбор и действия, которые предпринимают отдельные люди [32]. Результаты исследований показывают, что спортсмены, обладающие более сильной способностью к таким действиям – в частности, к сопротивлению искушению употреблять вещества,

повышающие работоспособность, — с меньшей вероятностью вынашивают намерения употреблять допинг и реже прибегают к допинговому поведению. Соответствующие разделы включаются в образовательные программы.

Необходимость разработки новых подходов к использованию образовательных программ как одного из основных средств предупреждения нарушений антидопинговых правил вызвало, в свою очередь, повышенное внимание к разделам антидопинговой работы, остававшимся длительное время в тени. Это этические, психологические, социальные аспекты, а также роль спортсменов, персонала спортсменов, в первую очередь — специалистов по спортивной медицине — в реализации антидопинговых мероприятий.

На стыке спортивной медицины и этики возникает сложная ситуация, особенно в контексте предупреждения допинга. Чаще всего рассматривается конфликт между обязанностью медицинского работника заботиться о здоровье спортсменов и необходимостью повышать эффективность их выступлений, роль врачебной тайны в борьбе с допингом и этические последствия новых антидопинговых технологий. Стремление к успеху может заставить спортсменов использовать любые преимущества, иногда приводя их к употреблению допинга. В этой среде, где ставки высоки, спортивные врачи находятся на переднем крае борьбы за сохранение целостности спорта, а также за здоровье и благополучие спортсменов. В мире профессионального спорта спортсмены могут ставить во главу угла повышение результатов, а не здоровье, что создает конфликт интересов для медицинских работников [33]. Использование препаратов, повышающих работоспособность, не только представляет значительный риск для здоровья, но и ставит под угрозу честность конкуренции.

Медицинские специалисты могут столкнуться с давлением со стороны спортсменов, тренеров и спортивных организаций, требующих проведения процедур, которые, хотя и являются законными с медицинской точки зрения, могут привести к неэтичному повышению результатов. Этическая дилемма возникает, когда врач должен решить, что является приоритетным для спортсмена — краткосрочные результаты или долгосрочное состояние его здоровья. Врачи должны тщательно обдумывать возможные последствия своих медицинских решений, учитывая насущные потребности спортсмена и более широкие последствия для его здоровья и целостности спорта.

Конфиденциальность является краеугольным камнем отношений между врачом и пациентом, необходимым для укрепления доверия и обеспечения того, чтобы спортсмены чувствовали себя комфортно, раскрывая конфиденциальную информацию. Однако этот принцип может быть нарушен, как этого требуют антидопинговые правила. Врачи могут узнавать о применении допинга в ходе своих клинических взаимодействий со спортсменами, что ставит их в сложное этическое положение [34]. ВАДА разработало протоколы допинг-контроля, но

они не содержат четких указаний на то, как врачи должны обращаться с конфиденциальной информацией. Дилемма еще более осложняется тем фактом, что нарушение конфиденциальности может нанести ущерб карьере и репутации спортсмена. Врачи должны решать эти сложные задачи, придерживаясь этических принципов, а также учитывая потенциальные последствия своих действий как для отдельного спортсмена, так и для спорта в целом. Одним из наиболее эффективных способов, с помощью которых медицинские специалисты могут способствовать профилактике допинга, является просвещение. Предоставляя спортсменам информацию о рисках, связанных с употреблением допинга, можно предотвратить использование препаратов, повышающих работоспособность. Эта просветительская роль имеет решающее значение, поскольку многие спортсмены могут не до конца осознавать потенциальные долгосрочные последствия употребления допинга для здоровья или влияние, которое он может оказать на их карьеру, если они будут уличены.

Специалисты по спортивной медицине также могут сыграть определенную роль в информировании спортивных организаций и общественности об этических последствиях применения допинга. Пропагандируя чистый спорт и культуру честной игры, врачи могут помочь создать среду, в которой использование запрещенных препаратов будет неприемлемым. Однако эта просветительская роль может также создавать этические проблемы, поскольку врачи должны обеспечивать объективность информации, на которую не влияет давление спортивной индустрии [30].

Разработка новых технологий для выявления допинга открывает как возможности, так и этические проблемы. С одной стороны, эти технологии могут повысить способность спортивных организаций выявлять и пресекать применение допинга, способствуя тем самым честной конкуренции. С другой стороны, использование этих технологий вызывает опасения по поводу конфиденциальности, точности и возможности злоупотреблений. Например, генетическое тестирование изучается как средство выявления допинга, но это поднимает важные этические вопросы, касающиеся конфиденциальности и потенциальной угрозы дискриминации. Врачи должны рассмотреть вопрос о том, оправдано ли использование таких технологий, учитывая потенциальные риски для конфиденциальности спортсменов и возможность ложных срабатываний, которые могут несправедливо навредить карьере спортсмена. Более того, внедрение этих технологий может привести к возникновению культуры подозрительности и слежки в спорте, что может подорвать доверие между спортсменами и медицинскими работниками. Врачи должны решать эти проблемы, выступая за ответственное использование технологий и обеспечение соблюдения прав человека, с должным уважением достоинства спортсменов [32].

Конфликты интересов являются распространенной проблемой в спортивной медицине, особенно когда речь идет о профилактике допинга. Врачи работают в спортивных командах или организациях, которые заинтересованы в успехе своих спортсменов.

Это может привести к тому, что врачи будут вынуждены игнорировать практику применения допинга или даже поощрять ее. Кроме того, врачи, как и другие представители персонала спортсмена, могут столкнуться с личными финансовыми стимулами, такими как премии, связанные с успехами команды, которые могут повлиять на их этические решения. Чтобы справиться с этими конфликтами, необходимо, чтобы врачи придерживались профессиональных этических стандартов и устанавливали четкие границы между своими медицинскими обязанностями и интересами спортивных организаций. Прозрачность и подотчетность являются ключом к тому, чтобы врачи могли выполнять свои этические обязательства без ущерба для своей репутации и здоровья пациентов [31].

За последние десятилетия количество исследований, посвященных изучению психосоциальных факторов, влияющих на отношение к допингу, значительно увеличилось. Был выявлен ряд положительных и отрицательных корреляций на личностном и социально-контекстуальном уровнях такие, как ориентация на достижение целей, моральные ценности, социальные нормы. В большинстве исследований в области допинга была принята теория планируемого поведения (далее – ТПП) [31, 34] в качестве более широкой теоретической основы для изучения психосоциальных механизмов, которые могут привести к употреблению допинга в спорте. В этой теории поведение рассматривается как намерения, установки, субъективная норма и воспринимаемый контроль над поведением. Установки представляют собой позитивную или негативную оценку индивидом того или иного поведения, о котором идет речь. Субъективные нормы проявляются как давление, которое индивиды ощущают со стороны значимых для них людей, вынуждающих их участвовать (или не участвовать) в целевом поведении. Воспринимаемый поведенческий контроль представляет собой оценку человеком своих возможностей для реализации данного поведения. Предполагается, что установки, субъективные нормы и предполагаемый поведенческий контроль влияют на поведение, оказывая влияние на намерение совершить данное действие. Следовательно, намерения представляют собой ближайший предиктор поведения человека, связанный с употреблением допинга. Исследователи, использующие ТПП, задокументировали способность отношения к допингу, предполагаемого поведенческого контроля и субъективных норм в раз-

личных группах спортсменов предсказывать намерение принять допинг [34].

В ряде исследований было показано [35, 36], что спортсмены с высокими спортивными качествами (например, позитивными социальными установками и поведением), автономной мотивацией (т.е. мотивацией, проистекающей из удовольствия или личной ценности) и целями, ориентированными на достижение мастерства (т.е. с акцентом на личном совершенствовании и усилиях) сообщили о более низких намерениях использовать допинг по сравнению с теми, у кого были низкие спортивные качества, контролируемая мотивация (т.е. мотивация, возникающая в результате давления, социального одобрения или чувства вины) и ориентированные на достижение целей результаты (т.е. акцент на демонстрацию нормативного превосходства). Вышеупомянутые результаты подчеркивают, что принятие решения об употреблении допинга является сложным процессом и, вероятно, зависит от множества ситуационных и личностных факторов. Антидопинговые мероприятия, учитывающие психосоциальный аспект, проводятся редко. В качестве примеров можно привести программы, где противодействие допингу было одной из целей наряду с противодействием применению стероидов или нарушениям пищевого поведения (программы ATLAS и ATHENA). Было показано, что это привело к сокращению употребления рекреационных наркотиков и допинговых субстанций [35, 36].

Таким образом, борьба с допингом, начинавшаяся как сугубо лабораторный подход, направленный на совершенствование методов выявления запрещенных субстанций в пробах, в настоящее время является многопрофильной задачей. По-прежнему, большое значение отводится целевому тестированию и повышению эффективности выявления допинговых субстанций, однако, несмотря на привлечение к планированию распределения тестирований искусственного интеллекта, эффективность выявления нарушений не превысила 1%. Такие результаты заставили обратить внимание на профилактические направления антидопинговой работы, которые финансировались и продолжают финансироваться по остаточному принципу. Наиболее эффективными профилактическим подходом являются образовательные программы, ориентированные как на спортсменов, так и на персонал спортсменов, а также научные исследования в сфере антидопинга.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

1. Кодекс ВАДА [*Kodeks VADA* = WADA Code (In Russ)]. URL: <https://rusada.ru/documents/kodeks-i-drugie-mezhdunarodnye-standarty-vada/> (Date of Access: 04.03.2025).
2. Международная конвенция о борьбе с допингом в спорте [*Mezhdunarodnaya Konventsiya o Bor'be s Dopinom v Sporte* = International Convention against Doping in Sport (In Russ.)]. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/doping_in_sport.shtml (Date of Access: 04.03.2025).
3. Petroczi A., Gleaves J., de Hon O., Sagoe D., Saugy M. Prevalence of Doping in Sport. *Drugs in Sport*. Ed. Mottram D., Chester N. New York, Routledge, 2022. P. 37–71.
4. Gleaves J., Petroczi A., Folkerts D., de Hon O., Macedo E., Saugy M., et al. Doping Prevalence in Competitive Sport: Evidence Synthesis with “Best Practice” Recommendations and Reporting Guidelines from the WADA Working Group on Doping Prevalence. *Sports Med*. 2021;51:9:1909–34. Doi: 10.1007/s40279-021-01477-y.
5. Overbye M., Knudsen M.L., Pfister G. To Dope or not to Dope: Elite Athletes’ Perceptions of Doping Deterrents and Incentives. *Perform Enhanc Health*. 2013;2:3:119–34. Doi: 10.1016/j.peh.2013.07.001.
6. Ring C., Kavussanu M., Simms M., Mazanov J. Effects of Situational Costs and Benefits on Projected Doping Likelihood. *Psychol Sport Exerc*. 2018;34:88–94. Doi: 10.1016/j.psychsport.2017.09.012.
7. Hermann A., Henneberg M. Anti-Doping Systems in Sports are Doomed to Fail: a Probability and Cost Analysis. *J Sports Med Dop*. 2014;4:5:1–12. Doi: 10.4172/2161-0673.1000148.
8. Pitsch W. Tacit Premises and Assumptions in Anti-Doping Research. *Performance Enhancement and Health*. 2013;2:4:144–152. Doi:10.1016/j.peh.2014.07.001.

8. Maciej Henneberg. Anti-Doping Systems in Sports are Doomed to Fail: A Probability and Cost Analysis. *Journal of Sports Medicine & Doping Studies*. 2014;04;05: 1000148. Doi:10.4172/2161-0673.1000148.
10. Martensen C.K., Møller V. More Money - Better Anti-Doping? Drugs: Education, Prevention and Policy. 2017;24;3:286–94. Doi: 10.1080/09687637.2016.1266300.
11. Lauritzen F., Solheim A. The Purpose and Effectiveness of Doping Testing in Sport. *Front. Sports Act. Living*. 2024;6:1386539. Doi: 10.3389/fspor.2024.1386539.
12. Woolway T., Lazuras L., Barkoukis V., Petróczi A. Doing what is Right and Doing it Right: a Mapping Review of Athletes' Perception of Anti-Doping Legitimacy. *Int J Drug Policy*. 2020;84:102865. Doi: 10.1016/j.drugpo.2020.102865.
13. Kornbeck J. Anti-Doping Governance and Transparency: a European Perspective. *Int Sports Law J*. 2016;16;1:118–22. Doi: 10.1007/s40318-016-0098-8.
14. Woolf J.R. An Examination of Anti-Doping Education Initiatives from an Educational Perspective: Insights and Recommendations for Improved Educational Design. *Perform Enhanc Health*. 2020;8:2–3. Doi: 10.1016/j.peh.2020.100178.
15. Krumm B., Botrè F., Saugy J.J., Faiss R. Future Opportunities for the Athlete Biological Passport. *Front. Sports Act. Living*. 2022;4:986875. Doi: 10.3389/fspor.2022.986875.
16. Saugy M., Leuenberger N. Antidoping: from Health Tests to the Athlete Biological Passport. *Drug Test Anal*. 2020;12:621–8. Doi: 10.1002/dta.2773.
17. Saugy M., Lundby C., Robinson N. Monitoring of Biological Markers Indicative of Doping: the Athlete Biological Passport. *Br J Sports Med*. 2014;48:827–32. Doi: 10.1136/bjsports-2014-093512.
18. Ashenden M., Gough C.E., Garnham A., Gore C.J., Sharpe K. Current Markers of the Athlete Blood Passport do not Flag Microdose EPO Doping. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111:2307–14. Doi: 10.1007/s00421-011-1867-6.
19. Equey T., Pastor A., de la Torre Fornell R., Thomas A., Giraud S., Thevis M., et al. Application of the Athlete Biological Passport Approach to the Detection of Growth Hormone Doping. *J Clin Endocrinol Metab*. 2022;107:649–59. Doi: 10.1210/clinem/dgab799.
20. Manfredini A.F., Malagani A.M., Litmanen H., Zhukovskaja L., Jeannier P., Dal Follo D., et al. Performance and Blood Monitoring in Sports: the Artificial Intelligence Evoking Target Testing in Anti-doping (A.R.I.E.T.T.A.) Project. *J Sports Med Phys Fitness*. 2011;51:153–9.
21. Hopker J., Schumacher Y.O., Fedoruk M., Morkeberg J., Berman S., Iljukov S., et al. Athlete Performance Monitoring in Anti-Doping. *Front Physiol*. 2018;9:232. Doi: 10.3389/fphys.2018.00232.
22. Faiss R., Saugy M., Passfield L., Hopker J. Editorial: Performance Modeling and Anti-Doping. *Front Physiol*. 2019;10:169. Doi: 10.3389/fphys.2019.00169.
23. Woolf J.R. An Examination of Anti-Doping Education Initiatives from an Educational Perspective: Insights and Recommendations for Improved Educational Design. *Perform Enhanc Health*. 2020;8:2–3. Doi: 10.1016/j.peh.2020.100178.
24. Международный стандарт по образованию [Mezhdunarodnyy Standart po Obrazovaniyu] = International Standard for Education (In Russ.). URL: [https://rusada.ru/upload/iblock/8fe/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8E_%D0%905_2020_prev-8%20\(1\).pdf](https://rusada.ru/upload/iblock/8fe/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8E_%D0%905_2020_prev-8%20(1).pdf) (Date of Access: 04.03.2025)
25. Zhumabayeva G., Kapanova G., Vinnikov D., Bakasheva M., Venera Abdulla V., Grijbovski A. Knowledge and Experience of Kazakhstan Athletes in Anti Doping and the Impact of Past Educational Intervention Substance Abuse Treatment. *Prevention, and Policy*. 2022;17:32. Doi.org/10.1186/s13011-022-00461-7.
26. Гайсина Е.Ф., Калянова А.И., Лысов Е.А., Госьков А.С. Актуализация антидопингового образования для противодействия применения стимуляторов // Фарматека. 2024. Т. 31. №4. С. 234–239 [Gaysina Ye.F., Kalyanova A.I., Lysov Ye.A., Gos'kov A.S. Updating Anti-Doping Education to Counter the Use of Stimulants. *Farmateka*. 2024;31;4:234–239 (In Russ.)]. Doi: 10.18565/pharmateca.2024.4.234-239.
27. Лопатина Т.Е. Динамика компетентности курсантов ВИФК по проблеме профилактики и противодействия допингу в спорте // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. 2023. №2. С. 172–177 [Lopatina T.Ye. Dynamics of the Competence of VIFK Cadets on the Problem of Prevention and Counteraction to Doping in Sports. *Aktual'nyye Problemy Fizicheskoy i Spetsial'noy Podgotovki Silovykh Struktur* = Actual Problems of Physical and Special Training of Law Enforcement Agencies. 2023;2:172–177 (In Russ.)].
28. Тузкова Ю.В., Ванчакова Н.П. Электронная информационная образовательная среда в обучении противодействию допингу в спорте // Ученые записки университета имени П.Ф.Лесгафта. 2024. №12. С. 299–303 [Tuzkova Yu.V., Vanchakova N.P. Electronic Information Educational Environment in Training in Counteracting Doping in Sports. *Uchenyye Zapiski Universiteta im. P.F. Lesgafta* = Scientific Notes of P. F. Lesgaft University. 2024;12:299–303 (In Russ.)].
29. Pöppel K. Efficient Ways to Combat Doping in a Sports Education Context! A Systematic Review on Doping Prevention Measures Focusing on Young Age Groups. *Front. Sports Act. Living*. 2021;3:673452. Doi: 10.3389/fspor.2021.673452.
30. Petróczi A., Norman P., Brueckner S. Can we Better Integrate the Role of Anti-Doping in Sports and Society? A Psychological Approach to Contemporary Value-Based Prevention. *Medicine and Sport Science*. 2017;62:160–176. Doi:10.1159/000460726.
31. Ntoumanis N., Dolven S., Barkoukis V., Boardley I.D., Hvidemose J.S., Juhl C.B., Gucciardi D.F. Psychosocial Predictors of Doping Intentions and Use in Sport and Exercise: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Br. J. Sports Med*. 2024;58:1145–1156. Doi:10.1136/bjsports-2023-107910.
32. Kanayama G., Gruber A.J., Pope H.G. Jr., et al. Over-the-Counter drug Use in Gymnasiums: an Underrecognized Substance Abuse Problem? *Psychother Psychosom*. 2001;70;3:137–40. Doi: 10.1159/000056238.
33. Roten H. Ethical Dilemmas in Sports Medicine: The Role of Physicians in Doping Prevention. *J Sports Med Doping Stud*. 2024;14:375.
34. Laure P., Binsinger C., Lecerf T. General Practitioners and Doping in Sport: Attitudes and Experience. *Br J Sports Med*. 2003;37:335–8. Doi: 10.1136/bjsm.37.4.335.
35. Goldberg L., Elliot D.L., Clarke G.N., et al. The Adolescents Training and Learning to Avoid Steroids (ATLAS) Prevention Program: Background and Results of a Model Intervention. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 1996;150;7:713–21. Doi: 10.1001/archpedi.1996.02170320059010na.
36. Somerville S.J., Lewis M. Accidental Breaches of the Doping Regulations in Sport: is there a Need to Improve the Education of Sports People? *Br J Sports Med*. 2005;39:512–16. Doi: 10.1136/bjsm.2004.013839.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 23.02.2026. **Принята к публикации:** 25.04.2026.

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: 23.03.2026. **Accepted for publication:** 25.04.2026

Н.З. Орлова, А.А. Киш, А.С. Умников

ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА С ВОЕННОСЛУЖАЩИМИ ПОСЛЕ БОЕВЫХ РАНЕНИЙ В ОТДЕЛЕНИИ РЕКОНСТРУКТИВНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ТРАВМАТОЛОГИИ И РЕАБИЛИТАЦИИ С КОМБУСТИОЛОГИЧЕСКИМИ КОЙКАМИ ЦЕНТРА КОМБИНИРОВАННЫХ ПОРАЖЕНИЙ

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

Контактное лицо: Орлова Надежда Зинуровна: orlova.nz@mail.ru

Резюме

В статье представлены результаты психодиагностической работы с участниками СВО, находящихся на лечении после боевых ранений различной степени тяжести. Основной акцент в статье сделан на трудностях диагностики посттравматических стрессовых реакций: пациенты демонстрируют низкую искренность при выполнении бланковых методов самооценки текущего состояния. В связи с этим был внедрён авторский психофизиологический подход. Методика является объективным диагностическим критерием стрессовой реакции в актуальный период и вероятный прогноз психофизиологической адаптации вследствие травматического опыта.

Ключевые слова: ПТСР, психофизиологическая диагностика, реабилитация военнослужащих

Для цитирования: Орлова Н.З., Киш А.А., Умников А.С. Психологическая работа с военнослужащими после боевых ранений в отделении реконструктивно-восстановительной травматологии и реабилитации с комбустиологическими койками Центра комбинированных поражений //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 13–16 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-13-16

N.Z. Orlova, A.A. Kish, A.S. Umnikov

Psychological Work with Military Personnel After Battle Wounds in the Department of Reconstructive Traumatology and Rehabilitation with Combustion Couples of the Combined Wounds Center

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

Contact person: Orlova Nadejda Zinurovna: orlova.nz@mail.ru

Abstract

The article presents the results of psychodiagnostic work with participants of the special military operation who are undergoing treatment after combat injuries of varying severity. The main focus of the article is on the difficulties in diagnosing post-traumatic stress reactions: patients demonstrate low sincerity when completing paper-based methods of self-assessment of their current state. In this regard, the author's psychophysiological approach was introduced. This method serves as an objective diagnostic criterion for stress reactions in the current period and provides a likely prognosis for psychophysiological adaptation following traumatic experiences.

Keywords: PTSD, psychophysiological diagnostics, and military personnel rehabilitation

For citation: Orlova NZ, Kish AA, Umnikov AS. Psychological Work with Military Personnel After Battle Wounds in the Department of Reconstructive Traumatology and Rehabilitation with Combustion Couples of the Combined Wounds Center. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:13-16. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-13-16

Введение

Боевые ранения сопровождаются высоким риском развития посттравматического стрессового расстройства (ПТСР), однако на ранних этапах лечения психологическая диагностика осложняется низкой открытостью комбатантов [1]. Причины включают недоверие к психологам и психологии в целом, страх стигматизации и низкую мотивацию [2].

В ранние сроки после травматического опыта, а именно вследствие боевого ранения, военнослужащие могут сознательно занижать симптомы из-за опасений неопределённых последствий. Избегание и диссоциативная амнезия – базовые механизмы ПТСР, которые прямо ведут к уклончивым ответам. Это объясняет отсутствие правдивых ответов на опросники по ПТСР у раненых, особенно в острый

период [3, 4]. Помимо этого, исследования и опросы отмечают низкий запрос на психологическую помощь у комбатантов и непонимание её целей – это косвенно указывает на умалчивание симптомов или нежелание признавать проблемы: «Общение с психологами-практиками показало, что к ним обращаются не сами ветераны боевых действий, а их близкие: жёны, дети, мамы. Существующие информационные продукты, обучающие работе с ПТСР, направлены не на работу с родственниками, а на работу с самими военными. А они, в свою очередь, не готовы обращаться за помощью», – утверждает автор проекта Народного фронта «Регион заботы» Нюта Федермессер [7]. Нежелание комбатантов, обращаться за психологической помощью – это не отсутствие потребности, а сложная система защитно-адаптационных механизмов, сформированных десятилетиями социальной истории [8]. Более того, в период лечения последствий боевых ранений на первый план выступают болевой синдром и ограниченность физической активности, которые создают чувство актуальной беспомощности.

Психоэмоциональное состояние комбатанта в условиях стационарного лечения – это целый комплекс факторов, способствующих нарастанию психоэмоционального напряжения, особенно ближе к выписке. Уровень мотивации на выздоровление у этого контингента неоднородна. Несомненно, желание скорее поправиться, но неопределённость будущего значительно влияет на снижение ресурсного состояния, что зачастую приводит к формальному отношению как к процедуре психологической диагностики, так и вовлеченности к психокоррекционным мероприятиям. В условиях стационарного лечения психолог сталкивается с необходимостью получения объективных данных о психофизиологическом состоянии пациентов, что требует выхода за рамки классических опросников.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 28 военнослужащих (средний возраст $37,4 \pm 10,35$ лет), находящихся на стационарном лечении в отделении Реконструктивно-восстановительной травматологии и реабилитации с комбустиологическими койками (ОРВТ) Центра комбинированных поражений ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России после боевых ранений (от минно-взрывных ранений с повреждениями опорно-двигательного аппарата средней степени тяжести до тяжёлых повреждений, приводящих к стойкой утрате функции и инвалидности). Время, прошедшее с момента травмы, составляло от 4 до 12 недель. При каждой психологической сессии с военнослужащими использовались следующие стандартные опросники (HADS, Опросник на скрининг ПТСР, C-SSRS). Психофизиологическая диагностика позволяет произвести измерения путём неинвазивной регистрации периферических и центральных физиологических изменений для оценки реактивности [6] при контролируемом воздействии провокационных аудиостимулов. Одновременная регистрация сигналов биоэлектрической ак-

тивности мозга, значений пульса и амплитуды систолической волны периферических сосудов позволила сформировать объективную картину актуального состояния пациентов с травматическим опытом. Запись биоэлектрической активности мозга и вегетативных показателей осуществлялась на электроэнцефалографе «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» с использованием неполяризуемых электродов, которые фиксировались на голове в соответствии с международной схемой «10–20». ЭЭГ регистрировалась с 6 каналов: F3, F4, T7(T3), T8(T4), O1, O2; референс A1/A2. Анализ пульсовых значений осуществлён по сигналу ЭКГ в I отведении, уровень показателя амплитуды систолической волны по данным фотоплетизмограммы. Полученные измерения отражены в показателях: Engagement Index $\beta / (\alpha + \theta)$ это количественная характеристика уровня умственной нагрузки и потребность в распределении ресурсов внимания, вычисляемая по спектральным показателям ЭЭГ; спектральные показатели вариабельности сердечного ритма и тонус периферических сосудов.

Удаление артефактов: автоматическое исключение эпизодов по порогам амплитуды >100 мкВ или резкие скачки и визуальный просмотр. Испытуемым обозначены цели и задачи исследования, получено добровольное согласие участия в исследовании. Дизайн психофизиологического исследования состоял из трёх основных этапов: фоновая активность, аверсивный стимул, постфоновая активность.

Для детальной обработки массива данных и проведения статистических расчётов использовались Statistica v.12, Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Применение опросников показало низкую достоверность ответов, часто фиксировались минимальные или «социально одобряемые» баллы. Только 28% военнослужащих отмечали тревожные или навязчивые воспоминания, что резко контрастировало с объективными показателями психофизиологической диагностики.

Так, при предъявлении аверсивного стимула 91% пациентов демонстрировали выраженные реакции – от значительного повышения показателей активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, до изменения архитектуры ЭЭГ-ритмов (усиливается активность не только тета-, но и бета-ритма), снижение эластичности периферических сосудов. В тоже время у 66% наблюдалась отсроченная реакция на этапе отсутствия предъявления аверсивного стимула. Следовая реакция, зафиксированная в ходе исследования, может говорить о том, что организм демонстрирует повышенную реактивность в условиях, когда отсутствует непосредственная угроза или стрессовый фактор. Это может быть важным индикатором для дальнейшего мониторинга и оценки психофизиологического состояния в будущем (Рисунок).

Подобная реактивность свидетельствует о скрытой гипервозбудимости, проявляющейся также в поведенческой сфере комбатантов, отмечаемых и врачами отделения, в виде нервозности, эмоциональных перепадов, снижении аппетита, нарушениях сна,

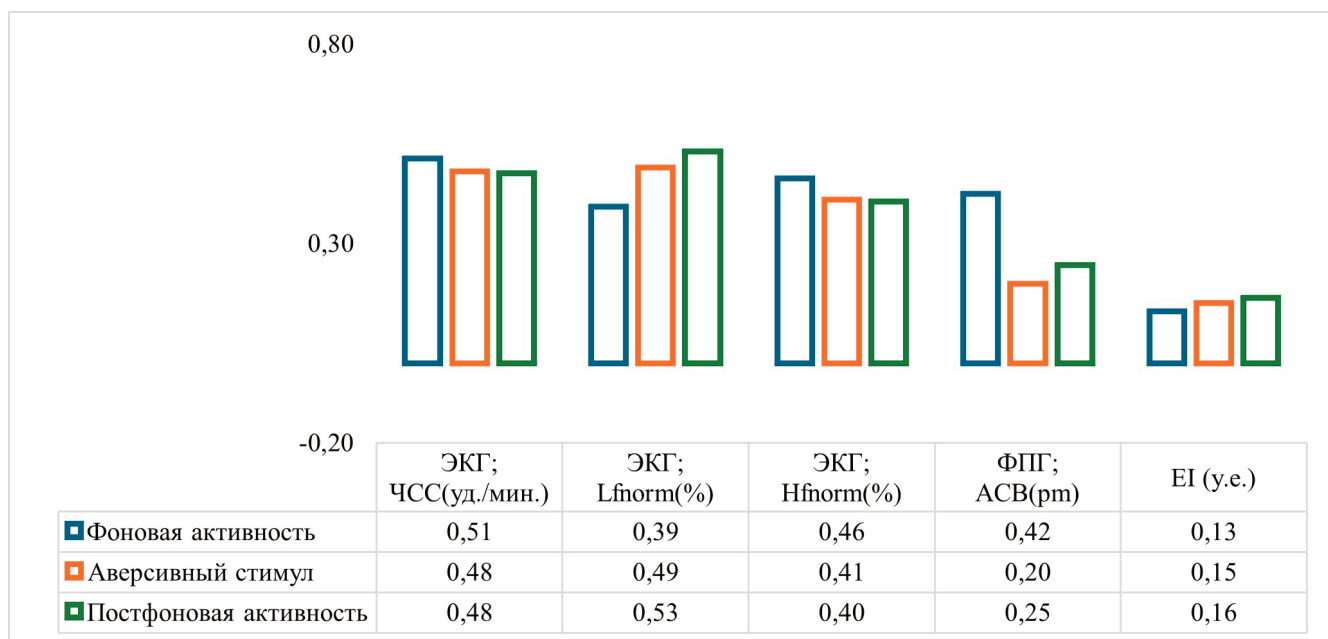


Рисунок. Динамика показателей в обозначенных условиях
Figure. Dynamics of indicators in the indicated condition

что подтверждается сравнением фоновой активности и сохранения негативных следовых реакций в отсутствии стрессового воздействия (Таблица). Наличие физиологической напряжённости в первые месяцы после ранения коррелировало с более высоким уровнем бессонницы и раздражительности (по данным клинических бесед).

Заключение и выводы

При отсутствии сформированного запроса о психологической коррекции и объективных критериев наличия боевого стресса, невозможно оказать профессиональную психологическую помощь. В то время как работа с психогенным компонентом боевого синдрома, развитие психомоторного контроля над травмированной конечностью, особенно в ОРВТ, пользуется осознанным запросом, как у врачей отделения, так и у самих пациентов. Такая работа включает в себя не только посильный вклад психолога в развитие возможной физической активности и повышения психофизического ресурсного состояния комбатанта, но и опосредованно затрагивает вопросы общей психологической адаптации после получения боевого опыта.

Таким образом, применение авторского психофизиологического диагностического подхода при работе с участниками СВО, находящимися на реабилитационном лечении в отделении Реконструктивно-восстановительной травматологии и реабилитации с комбустиологическими койками Центра комбинированных поражений ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, позволило выявить и объективизировать проявления ПТСР у пациентов отделения, которые отрицали или минимизировали психологические симптомы в самоотчётах. В условиях отделения психофизиологические методы, основанные на аверсивной стимуляции, являются важным дополнением к традиционной психодиагностике. Предложенный подход позволяет не только выявлять неосознаваемые или умышленно скрываемые стрессовые реакции, но и обратить внимание самого комбатанта на особенности его психологического состояния, обеспечить большую осознанность и включённость в продолжительную работу с психологом, а также наглядно продемонстрировать эффективность психокоррекционной работы на этапе выписки из отделения.

Таблица

Сравнительная клиническая ценность методов ранней диагностики скрытой дисфункции сердца
Comparative clinical value of early diagnosis methods for latent cardiac dysfunction

Параметр	ЭКГ; ЧСС (уд./мин.)_Фон	ФПГ; АСВ (pm)_ Фон	EI (y.e.) _Фон
ЭКГ; ЧСС (уд./мин.)_ПостФон	0,94		
ЭКГ; Hfnorm (%)_ПостФон		-0,85*	
EI (y.e.)_ПостФон			0,83*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Hoge C.W., Auchterlonie J.L., Milliken C.S. Mental Health Problems, Use of Mental Health Services, and Attrition from Military Service After Returning from Deployment to Iraq or Afghanistan // *The New England Journal of Medicine*. 2006. Vol.351. №1. P. 13–22. Doi: 10.1056/NEJMoa040603.
2. Орлова Н.З., Брагин М.А., Колесникова И.А. Клинические наблюдения психофизиологических ограничений при сохранении баланса у гребцов-слаломистов // *Клинический вестник ФМБЦ им А.И.Бурназяна*. 2024. №3. С. 50–56. Doi: 10.33266/2782-6430-2024-3-50-56.
3. Киш А.А., Разинкин С.М. Объективная психодиагностика. Аппаратно-программный комплекс «Диамед-МБС». М.: Научная книга, 2019. 227 с.
4. Milliken C.S., Auchterlonie J.L., Hoge C.W. Longitudinal Assessment of Mental Health Problems Among Active and Reserve Component Soldiers Returning from the Iraq War // *JAMA*. 2007. Vol.298. №18. P. 2141–2148. Doi: 10.1001/jama.298.18.2141/.
5. Warner C.H., Appenzeller G.N., Parker J.R., Warner C.M. Effectiveness of Mental Health Screening and Coordination of In-Theater Care Prior to Deployment Home from Iraq // *JAMA*. 2007. Vol.298. №5. P. 489–499. Doi: 10.1001/jama.298.5.489.
6. Народный Фронт. Электронный ресурс: <https://onf.ru/news/region-zaboty-zafiksiroval-v-rossii-nizkij-spros-na-psixologicheskuyu-pomoshh-sredi-voennykh>.
7. Сайт психологов №1. Электронный ресурс: <https://www.b17.ru/article/726808/>.
8. Hermans E.J., Henckens M.J., Roelofs K., Fernández G. Fear Bradycardia and Activation of the Human Periaqueductal Grey // *Neuroimage*. 2013 Feb 1. No.66. P. 278–87.

REFERENCES

1. Hoge C.W., Auchterlonie J.L., Milliken C.S. Mental Health Problems, Use of Mental Health Services, and Attrition from Military Service After Returning from Deployment to Iraq or Afghanistan. *The New England Journal of Medicine*. 2006;351;1:13–22. Doi: 10.1056/NEJMoa040603.
2. Orlova N.Z., Bragin M.A., Kolesnikova I.A. Clinical Observations of Psychophysiological Limitations in Maintaining Balance in Slalom Canoeists. *Klinicheskiy Vestnik FMBTS im A.I. Burnazyana* = A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2024;3:50–56 (In Russ.). Doi: 10.33266/2782-6430-2024-3-50-56.
3. Kish A.A., Razinkin S.M. Objective Psychodiagnostics. Hardware and Software Complex Diamed-MBS. Moscow, Nauchnaya Kniga Publ., 2019. 227 p. (In Russ.).
4. Milliken C.S., Auchterlonie J.L., Hoge C.W. Longitudinal Assessment of Mental Health Problems Among Active and Reserve Component Soldiers Returning from the Iraq War. *JAMA*. 2007;298;18:2141–2148. Doi: 10.1001/jama.298.18.2141/.
5. Warner C.H., Appenzeller G.N., Parker J.R., Warner C.M. Effectiveness of Mental Health Screening and Coordination of In-Theater Care Prior to Deployment Home from Iraq. *JAMA*. 2007;298;5:489–499. Doi: 10.1001/jama.298.5.489.
6. People's Front (In Russ.). URL: <https://onf.ru/news/region-zaboty-zafiksiroval-v-rossii-nizkij-spros-na-psixologicheskuyu-pomoshh-sredi-voennykh>.
7. Psychologists' Website No.1 (In Russ.). URL: <https://www.b17.ru/article/726808/>.
8. Hermans E.J., Henckens M.J., Roelofs K., Fernández G. Fear Bradycardia and Activation of the Human Periaqueductal Grey. *Neuroimage*. 2013 Feb 1;66:278–87.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 22.02.2026. **Принята к публикации:** 15.03.2026

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: 22.02.2026. **Accepted for publication:** 15.03.2026

С.В. Горнов¹, О.И. Плетнер²

ВЛИЯНИЕ КОМОРБИДНОГО ФОНА НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАННЕЙ РЕАБИЛИТАЦИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЖИЛЫХ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва²ФГБУ АПО ФНКЦ ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Горнов Сергей Валерьевич: gornov@fmbcfmba.ru

Резюме

Цель: оценить эффективность дифференцированного подхода к ранней реабилитации пожилых пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава с учетом индекса коморбидности Чарльсона в сравнении со стандартными программами восстановительного лечения.

Материал и методы: исследование включило 120 пациентов в возрасте от 35 до 75 лет, перенесших эндопротезирование тазобедренного сустава в период с 2020 по 2024 годы. Пациенты были разделены на основную группу (индивидуализированная программа с учетом индекса коморбидности и инновационных технологий) и контрольную группу (стандартная программа). Эффективность оценивали с помощью опросника качества жизни EQ-5D-5L и визуальной аналоговой шкалы общего состояния здоровья в трех точках: исходно, через один и через шесть месяцев после завершения программы. Статистическая обработка проводилась с использованием критерия Стьюдента, Манна-Уитни, χ^2 и корреляционного анализа Пирсона при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты: исходные показатели в группах были сопоставимы (VAS: 40,18 балла в контроле, 43,07 – в основной группе). Через месяц в основной группе отмечена более выраженная положительная динамика по всем доменам EQ-5D-5L. Через шесть месяцев показатель общего состояния здоровья в основной группе составил 80,23 балла против 75,25 балла в контроле (разница 4,98 балла). Боль и дискомфорт снизились до 1,32 балла против 1,62 балла в контрольной группе.

Выводы: дифференцированный подход к реабилитации с учетом индекса коморбидности и применением инновационных технологий обеспечивает статистически значимое и устойчивое улучшение функциональных исходов и качества жизни пожилых пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава по сравнению со стандартными программами.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава, медицинская реабилитация, пожилые пациенты, индекс коморбидности Чарльсона, дифференцированный подход, качество жизни, функциональные исходы, инновационные технологии реабилитации, персонализированная медицина, гериатрическая ортопедия

Для цитирования: Горнов С.В., Плетнер О.И. Влияние коморбидного фона на результаты ранней реабилитации и функциональное восстановление пожилых пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 17–22 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-17-22

S.V. Gornov¹, O.I. Pletner²

Effectiveness of a Differentiated Approach to Early Rehabilitation of Elderly Patients After Hip Arthroplasty Based on the Comorbidity Index

¹International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia²FGBU APO FNCC FMBA of Russia, Moscow

Contact person: Gornov Sergey Valer'evich: sgornov@fmbcfmba.ru

Abstract

Purpose: to evaluate the effectiveness of a differentiated approach to early rehabilitation of elderly patients after hip arthroplasty based on the Charlson Comorbidity Index compared to standard rehabilitation programs.

Material and methods: the study included 120 patients aged 35 to 75 years who underwent hip arthroplasty between 2020 and 2024. Patients were divided into a study group (individualized program considering comorbidity index and innovative technologies) and a control group (standard program). Effectiveness was assessed using the EQ-5D-5L quality of life questionnaire and a visual analog scale for general health at three time points: baseline, one month, and six months after program completion. Statistical analysis used Student's t-test, Mann-Whitney U test, χ^2 test, and Pearson correlation analysis at a significance level of $p < 0.05$.

Results: baseline indicators were comparable between groups (VAS: 40.18 points in control, 43.07 in study group). After one month, more pronounced positive dynamics were observed in the study group across all EQ-5D-5L domains. After six months, the overall health score in the study group reached 80.23 points compared to 75.25 points in the control group (difference 4.98 points). Pain and discomfort decreased to 1.32 points versus 1.62 points in the control group.

Conclusion: a differentiated rehabilitation approach based on comorbidity index and innovative technologies provides statistically significant and sustained improvement in functional outcomes and quality of life in elderly patients after hip arthroplasty compared to standard programs.

Keywords: *hip arthroplasty, medical rehabilitation, elderly patients, Charlson Comorbidity Index, differentiated approach, quality of life, functional outcomes, innovative rehabilitation technologies, personalized medicine, geriatric orthopedics*

For citation: Gornov SV, Pletner OI. Effectiveness of a Differentiated Approach to Early Rehabilitation of Elderly Patients After Hip Arthroplasty Based on the Comorbidity Index. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:17-22. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-17-22

Введение

Процесс демографического старения населения обуславливает неуклонный рост доли лиц старших возрастных групп, что существенно видоизменяет структуру спроса на медицинские услуги и повышает нагрузку на систему здравоохранения. Пациенты данной категории демонстрируют пятикратно более высокие показатели госпитализации в сравнении с популяцией в целом и формируют основной контингент, нуждающийся в высокотехнологичной ортопедической помощи, в том числе в восстановлении нарушенных функций опорно-двигательного аппарата.

Для пожилого возраста характерна коморбидность, представляющая собой сложный, гетерогенный комплекс, объединяющий как хронические соматические заболевания, так и специфические гериатрические синдромы [1]. Патология костно-мышечной системы занимает лидирующие позиции в структуре сопутствующих заболеваний и часто сочетается с постуральной неустойчивостью, утратой способности к самообслуживанию, полипрагмзией и синдромом старческой астении. Изучение влияния этих внутренних факторов на функционирование организма является ключевой задачей современной медицины. Заболевания опорно-двигательного аппарата входят в число наиболее частых некардиологических спутников ишемической болезни сердца, причем данная ассоциация усиливается с возрастом и коррелирует с ускоренным снижением физических возможностей, повышая риски неблагоприятных исходов в отдаленном периоде [2].

Согласно биомеханическим исследованиям, у лиц старше семидесяти пяти лет после эндопротезирования тазобедренного сустава регистрируется выраженное снижение силовых характеристик мышечных групп (в 2,5 раза), существенное увеличение времени опоры, уменьшение объема движений в прооперированном суставе и замедление скорости ходьбы [4]. Это подчеркивает необходимость рационального использования физических упражнений в целях коррекции выявленных нарушений.

Традиционные, унифицированные программы восстановительного лечения часто демонстрируют недостаточную эффективность у пациентов с высокой коморбидностью. В то же время, специализированные методики, такие как гидрокинезотерапия, дозированные силовые тренировки и протоколы ускоренного восстановления (fast-track), оказывают благоприятное влияние на мышечную силу, параметры походки и функциональный статус, но лишь при условии реализации междисциплинарного подхода. Концепция ускоренного эндопротезирования базируется на ми-

нимизации хирургической агрессии, обеспечении ранней послеоперационной активизации пациента и индивидуальном планировании периоперационного ведения [6]. Важнейшую роль в периоперационном ведении гериатрических пациентов играет комплексная гериатрическая оценка, позволяющая нивелировать риски развития когнитивных нарушений и иных специфических осложнений [1].

Существующие реабилитационные протоколы, как правило, не учитывают гетерогенность клинического статуса пожилых пациентов с множественной сопутствующей патологией. В этой связи разработка и внедрение новых, усовершенствованных медицинских технологий, а именно персонализированных подходов к восстановительному лечению с интеграцией валидных индексов коморбидности в алгоритмы стратификации и планирования, представляется актуальной задачей. Это соответствует современным тенденциям разработки методов профилактики заболеваний и реабилитации, а также определения эффективных мероприятий по предупреждению послеоперационных осложнений и инвалидизации.

Целью настоящего исследования явилась оценка эффективности дифференцированного подхода к ранней реабилитации пожилых пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава с учетом индекса коморбидности.

Гипотеза исследования заключалась в предположении, что применение дифференцированного реабилитационного подхода, стратифицированного по индексу коморбидности Чарльсона, позволит достичь статистически значимого улучшения функциональных исходов, регресса болевого синдрома и повышения качества жизни у данной категории больных по сравнению со стандартными программами.

Анализ научной литературы подтверждает значимость учета сопутствующей патологии в восстановительном процессе. Так, Ю.А. Воротинов с соавторами в ходе наукометрического анализа 256 источников за период 2013–2023 годов подтвердили, что заболевания костно-мышечной системы входят в пятерку наиболее распространенных некардиологических сопутствующих патологий у пациентов с ишемической болезнью сердца, причем эта ассоциация усиливается с возрастом [2].

В работе В.В. Косса и соавторов при обследовании 305 пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава была выделена подгруппа из 26 лиц старше 75 лет. У них было установлено снижение силовых характеристик мышц-абдукторов на 65,2%, аддукторов – на 59,6%, разгибателей – на 76,7%. Биомеханический анализ выявил снижение

силовых характеристик переднего и заднего толчков на 34,6% и 37,0% соответственно, при увеличении времени опоры в 2 раза и снижении скорости ходьбы в 1,8 раза [4]. Эти данные убедительно доказывают необходимость поиска новых подходов к медико-биологическому обеспечению пациентов старших возрастных категорий.

Я.П. Сандаков с коллегами, проанализировав 712 амбулаторных карт, выявили существенные недостатки в организации восстановительного лечения: функциональные шкалы (Харриса, Лекена) не применялись, опросник EQ-5D использовался лишь у 6,9% больных, а реабилитационный цикл остался незавершенным у 26% пациентов [5]. Это указывает на нарушение преемственности и отсутствие единых стандартов, что напрямую влияет на формирование ограничений жизнедеятельности у данной категории больных.

К.Х. Хисомов и соавторы описывают технологию ускоренного эндопротезирования (fast-track) как оптимальный инструмент для лечения гериатрических пациентов, подчеркивая роль комплексной гериатрической оценки в предотвращении когнитивных нарушений [6].

Систематический обзор R. Papalia с соавторами, охвативший исследования у пациентов старше 65 лет, показал, что гидротерапия, эргометрия и fast-track протоколы демонстрируют благоприятный эффект на мышечную силу и скорость походки после тотального эндопротезирования [3]. Это подтверждает перспективность поиска наиболее рациональных гигиенических условий физического воспитания и восстановления в послеоперационном периоде.

Мета-анализ Y. Su с соавторами подтвердил высокую надежность и валидность опросника EQ-5D для оценки исходов эндопротезирования, а также эффективность мультидисциплинарных протоколов ERAS (Enhanced Recovery After Surgery), направленных на ускорение восстановления и улучшение качества помощи [7].

В масштабном исследовании Н.О. Ховасовой с коллегами (n=1003, средний возраст 77,6 года) было установлено, что 82,1% пациентов имеют заболевания костно-мышечной системы. У пациентов с остеоартритом и падениями в анамнезе результаты функциональных тестов (скорость ходьбы, тест «Встань и иди», кистевая динамометрия) были достоверно хуже [1]. Эти данные подтверждают важность изучения закономерностей формирования ограничений жизнедеятельности для разработки эффективных мер реабилитации.

Г.А.-Р.М. Мушрики, И.Ф. Ахтямов, Е.М. Губкина в своем исследовании (2022–2024) доказали значительное снижение болевого синдрома через три месяца после операции у пациентов, получавших восстановительное лечение (OR = 0,20 для остеосинтеза и OR = 0,25 для эндопротезирования) по сравнению с группами без реабилитации [8]. Авторы подчеркивают, что возраст, сопутствующие заболевания и исходный функциональный статус оказывают определяющее влияние на долгосрочные результаты, однако единые критерии стратификации пациентов на основе валидных индексов коморбидности до сих

пор отсутствуют. Эффективная программа восстановления, помимо прочего, должна включать адекватный контроль болевого синдрома и профилактику тромбоэмболических осложнений, что является неотъемлемой частью медико-биологического обеспечения спортсменов (в широком понимании – как лиц, ориентированных на восстановление максимальной физической активности) и пациентов.

Материал и методы

Исследование проводилось на базе отделения медицинской реабилитации РНЦХ им. Б.В. Петровского в период с 2020 по 2024 годы и включало комбинированный ретроспективный и проспективный анализ клинического материала. В исследование были включены 120 пациентов в возрасте от 35 до 75 лет, перенесших эндопротезирование тазобедренного сустава по поводу терминального поражения. Все участники исследования предоставили информированное согласие в соответствии с принципами Хельсинкской декларации в редакции 2008 года.

Методологический дизайн исследования предполагал разделение пациентов на две группы: основную группу, получавшую индивидуализированную программу реабилитации с использованием инновационных технологий, и контрольную группу, проходившую стандартную программу восстановительного лечения. Индивидуализация подхода в основной группе осуществлялась с учетом возраста пациентов, индекса массы тела, выраженности коморбидности и уровня комплаентности, что позволяло адаптировать интенсивность и содержание реабилитационных мероприятий под конкретного пациента.

Для объективной оценки эффективности реабилитационных программ использовался комплекс валидированных клинических инструментов. Функциональная независимость оценивалась по шкале Functional Independence Measure и индексу Barthel, специфические показатели функции тазобедренного сустава измерялись с помощью Harris Hip Score и индекса Лекена. Качество жизни пациентов оценивалось посредством опросника EQ-5D-5L, включающего пять доменов: боль и дискомфорт, мобильность, повседневная активность, самообслуживание, тревожность и депрессия, а также визуальную аналоговую шкалу для оценки общего состояния здоровья. Дополнительно применялись рентгенологические методы контроля, функциональные исследования мышечно-связочного аппарата и анкетирование субъективного восприятия результатов лечения.

В основной группе реабилитационный протокол был дополнен интеграцией экзоскелетных комплексов для формирования правильных двигательных стереотипов, систем биологической обратной связи для объективного мониторинга прогресса, телереабилитационных платформ для обеспечения преемственности и модулей искусственного интеллекта для адаптации нагрузок в режиме реального времени. Контрольная группа получала стандартную программу, включающую лечебную физкультуру, механотерапию и физиотерапевтические процедуры без использования высокотехнологичного оборудования.

Оценка результатов проводилась в трех временных точках: исходно перед началом второго этапа реабилитации, через один месяц после выписки из стационара и через шесть месяцев после завершения программы. Такой подход позволял оценить не только непосредственные результаты реабилитационных мероприятий, но и устойчивость достигнутого эффекта в отдаленном периоде. Статистическая обработка данных включала применение критерия Стьюдента для параметрических данных, критерия Манна-Уитни для непараметрических переменных, критерия χ^2 с поправкой Йейтса для категориальных данных и корреляционного анализа Пирсона для выявления взаимосвязей между показателями. Уровень статистической значимости был установлен на отметке $p < 0,05$, что соответствует общепринятым стандартам клинических исследований.

Результаты и обсуждение

Анализ исходных характеристик пациентов показал сопоставимость групп по основным социально-демографическим и клиническим параметрам. До начала реабилитационных мероприятий показатели качества жизни в обеих группах находились на низком уровне, что отражало значительное функциональное ограничение после хирургического вмешательства. В контрольной группе исходное значение визуальной аналоговой шкалы общего состояния здоровья составляло 40,18 балла, в основной группе – 43,07 балла. Показатели по доменам опросника EQ-5D-5L также демонстрировали выраженные нарушения: боль и дискомфорт оценивались в контрольной группе на уровне 2,37 балла, в основной – 2,08 балла; мобильность составляла 2,30 и 2,13 балла соответственно; повседневная активность – 2,15 и 2,20 балла; самообслуживание – 2,30 и 2,13 балла; тревожность и депрессия – 2,22 и 2,08 балла.

Уже через один месяц после выписки из стационара наметились различия в динамике восстановления между группами. В контрольной группе общее состояние здоровья по визуальной аналоговой шкале улучшилось до 59,55 балла, тогда как в основной группе этот показатель достиг 63,68 балла. По всем доменам опросника EQ-5D-5L основная группа демонстрировала более выраженную положительную динамику: боль и дискомфорт снизились до 1,63 балла в основной группе против 2,13 балла в контрольной, мобильность улучшилась до 1,53 против 2,00 баллов, повседневная активность – до 1,75 против 1,87 балла, самообслуживание – до 1,67 против 1,93 балла, тревожность и депрессия – до 1,60 против 1,82 балла.

Наиболее значимые различия между группами выявлены при оценке результатов через шесть месяцев после завершения программы реабилитации. В контрольной группе показатель общего состояния здоровья достиг 75,25 балла, что представляет собой прирост на 35,07 балла или 87,2 процента от исходного уровня. В основной группе этот показатель составил 80,23 балла с приростом 37,16 балла или 86,3 процента, что на 4,98 балла выше результата конт-

рольной группы. По доменам опросника EQ-5D-5L основная группа показала статистически значимое превосходство: боль и дискомфорт оценивались на уровне 1,32 балла против 1,62 балла в контрольной группе, что соответствует улучшению на 0,30 балла; мобильность составила 1,30 против 1,53 балла с разницей 0,23 балла; повседневная активность – 1,38 против 1,57 балла с улучшением на 0,19 балла; самообслуживание – 1,40 против 1,52 балла; тревожность и депрессия – 1,37 против 1,53 балла.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что дифференцированный подход с учетом индивидуальных характеристик пациентов обеспечивает более выраженное и устойчивое восстановление функции после эндопротезирования тазобедренного сустава. Особенно важным представляется сохранение достигнутых результатов в отдаленном периоде наблюдения, что указывает на формирование правильных двигательных стереотипов и повышение самостоятельности пациентов в поддержании достигнутого уровня функционирования. Использование инновационных технологий, включая экзоскелетные комплексы и системы биологической обратной связи, позволило не только ускорить процесс восстановления, но и обеспечить объективный контроль качества выполнения упражнений, что особенно важно для пожилых пациентов с когнитивными нарушениями и сниженной способностью к самоконтролю.

Корреляционный анализ выявил значимые взаимосвязи между индексом коморбидности и скоростью восстановления функции, что подтверждает необходимость индивидуализации реабилитационных программ. Пациенты с более высокими показателями коморбидности демонстрировали более медленную динамику улучшения в контрольной группе, тогда как в основной группе адаптация к нагрузкам с учетом сопутствующей патологии позволила минимизировать негативное влияние множественных заболеваний на результат реабилитации. Возраст также оказывал влияние на эффективность восстановления, однако в основной группе это влияние было менее выраженным благодаря возможности точной дозировки нагрузок и постепенного увеличения интенсивности тренировок под контролем объективных показателей.

Важным аспектом исследования стала оценка организационно-экономической эффективности предложенного подхода. Несмотря на более высокую стоимость реабилитационного курса в основной группе, связанную с использованием высокотехнологичного оборудования, отмечено снижение числа повторных госпитализаций, уменьшение потребности в дополнительной медицинской помощи в отдаленном периоде и сокращение сроков временной нетрудоспособности. Это позволяет рассматривать дифференцированный подход как экономически обоснованный с точки зрения снижения социально-экономической нагрузки на систему обязательного медицинского страхования и уменьшения затрат на социальные выплаты.

Анализ субъективного восприятия результатов лечения показал более высокую удовлетворенность

пациентов основной группы процессом и результатами реабилитации. Пациенты отмечали большую понятность целей каждого этапа восстановления, наглядность прогресса благодаря визуализации результатов в системах биологической обратной связи и возможность продолжения занятий в домашних условиях с использованием телереабилитационных платформ. Эти факторы способствовали повышению комплаентности и мотивации к продолжению реабилитационных мероприятий после завершения основного курса, что является ключевым фактором поддержания достигнутых результатов в долгосрочной перспективе.

Сравнение полученных результатов с данными других авторов подтверждает перспективность интеграции инновационных технологий в реабилитационный процесс после эндопротезирования крупных суставов. Международные исследования также демонстрируют преимущества индивидуализированных программ перед стандартизированными протоколами, особенно в популяции пожилых пациентов с множественной сопутствующей патологией. Полученные в настоящем исследовании показатели улучшения качества жизни сопоставимы с результатами ведущих реабилитационных центров, что свидетельствует о возможности достижения высоких результатов при условии правильной организации реабилитационного процесса и применения современных технологических решений.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило выдвинутую гипотезу о более высокой эффективности дифференцированного подхода к реабилитации пожилых пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава по сравнению со стандартными программами восстановительного лечения. Индивидуализация реабилитационных мероприятий с учетом возраста, индекса массы тела, выраженности коморбидности и уровня комплаентности позволила достичь статистически значимого улучшения функциональных результатов и качества жизни пациентов как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Интеграция инновационных технологий, включая экзоскелетные комплексы, системы биологической обратной связи, телереабилитационные платформы и модули искусственного интеллекта, обеспечила формирование правильных двигательных стереотипов, объективный мониторинг прогресса и поддержание преемственности между этапами реабилитации. Эти технологические решения позволили адаптировать нагрузки в режиме реального времени, что особенно важно для пожилых пациентов с нестабильным течением сопутствующих заболеваний и вариабельной толерантностью к физическим нагрузкам.

Строгое соблюдение принципов этапности и преемственности между стационарным, амбулаторным и санаторно-курортным звеньями реабилитационной помощи в сочетании с ранним началом восстановительных мероприятий обеспечило более устойчивый клинический и социальный эффект. Снижение числа повторных госпитализаций и

уменьшение потребности в дополнительной медицинской помощи в отдаленном периоде подтверждает организационно-экономическую целесообразность предложенного подхода и возможность его масштабирования в рамках региональных программ развития медицинской реабилитации.

Клиническая значимость полученных результатов заключается в возможности практического применения разработанных принципов индивидуализации реабилитационных программ в учреждениях различного уровня оказания медицинской помощи. Предложенный алгоритм дифференцированного подхода позволяет оптимизировать распределение ресурсов и сконцентрировать наиболее интенсивные и технологически оснащенные программы на пациентах с высоким риском неблагоприятных исходов, обеспечивая при этом адекватный объем помощи всем категориям пациентов.

Направлениями дальнейших исследований представляются изучение долгосрочных результатов реабилитации с периодом наблюдения более одного года, оценка влияния различных компонентов программы на конечный результат для определения наиболее значимых факторов успеха, а также разработка прогностических моделей для предсказания индивидуального реабилитационного потенциала пациентов на основе исходных характеристик. Перспективным направлением является также исследование возможностей полностью дистанционной реабилитации для пациентов с ограниченным доступом к специализированным реабилитационным центрам.

К ограничениям настоящего исследования следует отнести относительно небольшой объем выборки, составивший 120 пациентов, что может ограничивать возможность экстраполяции результатов на всю популяцию пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава. Широкий возрастной диапазон участников от 35 до 75 лет при фокусе исследования на пожилых пациентах может вносить дополнительную вариабельность в результаты, хотя это отражает реальную клиническую практику. Отсутствие полной стандартизации сопутствующей медикаментозной терапии и различия в хирургических подходах между пациентами также могли влиять на результаты реабилитации независимо от применяемой программы восстановительного лечения. Кроме того, относительно короткий период наблюдения в шесть месяцев не позволяет оценить очень отдаленные результаты и устойчивость эффекта в течение нескольких лет после операции.

Финансирование. Проведенное исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликтов интересов.

Вклад авторов. Все авторы внесли равный вклад в разработку концепции, сбор и анализ данных, написание и редактирование текста статьи.

Информированное согласие. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ховасова Н.О., Наумов А.В., Ткачева О.Н., Рузанова В.И. Коморбидность костно-мышечных заболеваний у пациентов старших возрастных групп // Русский медицинский журнал. 2022. №6. С. 7–11.
2. Воротынов Ю.А., Кантемирова Р.К., Фидарова З.Д., Обрезян А.А. Реабилитация пациентов с коморбидной патологией: возрастные особенности // Российский журнал гериатрической медицины. 2024. №4. С. 263–269. Doi: 10.37586/2686-8636-4-2024-263-269.
3. Papalia R., Campi S., Vorini F., et al. The Role of Physical Activity and Rehabilitation Following Hip and Knee Arthroplasty in the Elderly // J Clin Med. 2020. V.9. No.5. P. 1401. Doi: 10.3390/jcm9051401.
4. Косс В.В., Толстых Р.А., Лысый Ю.Б. Основные принципы профилактики и реабилитации основных патологий лиц старше 75 лет // Менеджер здравоохранения. 2021. №3. С. 67–73. Doi: 10.21045/1811-0185-2021-3-67-73.
5. Сандаков Я.П., Кочудей А.В., Черняховский О.Б., Кочудей В.В. Оценка поликлинической реабилитации после эндопротезирования суставов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2020. Т.28. №1. С. 101–105. Doi: 10.32687/0869-866X-2020-28-1-101-105.
6. Хисомов К.Х., Ондар В.С., Хисомов Х.К. Периоперационное ведение больных пожилого и старческого возраста на основе комплексной гериатрической оценки при эндопротезировании крупных суставов // Уральский медицинский журнал. 2023. №4. С. 92–101.
7. Su Y., Li R., Ren X., et al. The Health-Related Quality of Life for Hemiarthroplasty and Total Hip Arthroplasty in the Elderly: a Meta-Analysis // Front Med (Lausanne). 2023. No.10. P. 1022584. Doi: 10.3389/fmed.2023.1022584.
8. Мушрики Г.А.-Р.М., Ахтямов И.Ф., Губкина Е.М. Особенности восстановительного лечения пожилых пациентов после перелома проксимального отдела бедренной кости: анализ методов и подходов // Кафедра травматологии и ортопедии. 2024. №4. С. 15–22. Doi: 10.17238/2226-2016-2024-4-15-22.

REFERENCES

1. Khovasova N.O., Naumov A.V., Tkacheva O.N., Ruzanova V.I. Comorbidity of Musculoskeletal Diseases in Patients of Older Age Groups. *Russkiy Meditsinskiy zhurnal* = Russian Medical Journal. 2022;6:7–11 (In Russ.).
2. Vorotynov Yu.A., Kantemirova R.K., Fidarova Z.D., Obrezan A.A. Rehabilitation of Patients with Comorbid Pathology: Age-Related Characteristics. *Rossiyskiy Zhurnal Geriatricheskoy Meditsiny* = Russian Journal of Geriatric Medicine. 2024;4:263–269 (In Russ.). Doi: 10.37586/2686-8636-4-2024-263-269.
3. Papalia R., Campi S., Vorini F., et al. The Role of Physical Activity and Rehabilitation Following Hip and Knee Arthroplasty in the Elderly. *J Clin Med*. 2020;9:5:1401. Doi: 10.3390/jcm9051401.
4. Koss V.V., Tolstykh R.A., Lysy Yu.B. Basic Principles of Prevention and Rehabilitation of the Main Pathologies of Persons Over 75 Years Old. *Menedzher Zdravookhraneniya* = Healthcare Manager. 2021;3:67–73 (In Russ.). Doi: 10.21045/1811-0185-2021-3-67-73.
5. Sandakov Ya.P., Kochudey A.V., Chernyakhovskiy O.B., Kochudey V.V. Evaluation of Outpatient Rehabilitation after Joint Arthroplasty. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny* = Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine. 2020;28;1:101–105 (In Russ.). Doi: 10.32687/0869-866X-2020-28-1-101-105.
6. Khisomov K.Kh., Ondar V.S., Khisomov Kh.K. Perioperative Management of Elderly and Senile Patients Based on a Comprehensive Geriatric Assessment during Endoprosthetics of Large Joints. *Ural'skiy Meditsinskiy Zhurnal* = Ural Medical Journal. 2023;4:92–101 (In Russ.).
7. Su Y., Li R., Ren X., et al. The Health-Related Quality of Life for Hemiarthroplasty and Total Hip Arthroplasty in the Elderly: a Meta-Analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2023;10: 1022584. Doi: 10.3389/fmed.2023.1022584.
8. Mushriki G.A.-R.M., Akhtyamov I.F., Gubkina Ye.M. Features of Restorative Treatment of Elderly Patients after a Fracture of the Proximal Femur: Analysis of Methods and Approaches. *Kafedra Travmatologii i Ortopedii* = The Department of Traumatology and Orthopedics. 2024;4:15–22 (In Russ.). Doi: 10.17238/2226-2016-2024-4-15-22.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 03.04.2026. **Принята к публикации:** 15.05.2026.

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: 03.04.2026. **Accepted for publication:** 15.05.2026

С.В. Назаров¹, А.С. Самойлов², И.В. Круглова¹

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МПК И РВС У СПОРТСМЕНОВ

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф.Измедова», Москва, Россия

Контактное лицо: Назаров Сергей Викторович: snazarov54@yandex.ru

Резюме

Введение: оценка функционального состояния спортсменов является одной из ключевых задач спортивной медицины. Показатели РВС и МПК служат важными маркерами аэробной работоспособности, однако их измерение связано с методическими ограничениями, что стимулирует развитие субмаксимальных тестов и прогнозных моделей.

Цель: обобщить современные методы оценки и предсказания показателей РВС и МПК, включая прямые и косвенные тесты, лабораторные, физиологические, биохимические, генетические и цифровые показатели, а также методы статистического анализа и машинного обучения.

Материал и методы: проведён аналитический обзор отечественных и зарубежных исследований по эргоспирометрии, субмаксимальным тестам (PWC170, метод Астранда), полевым пробам, биохимическим маркерам, протеомике, генетике и алгоритмам ML. В работе систематизированы данные по выборкам от спортсменов-любителей до атлетов высших достижений.

Результаты: показано, что РВС и МПК зависят от возраста, пола, вида спорта, тренировочного уровня, объёма гемоглобина, запасов железа, маркеров воспаления и особенностей восстановления. Точность прогнозирования повышается при использовании нейронных сетей, SVM, моделей бустинга и носимых сенсоров. Для ряда задач достигается высокая корреляция ($R=0,9$) и ошибка менее 3 – 5 мл/кг/мин. Обозначены ограничения исследований на атлетах высшего уровня и нехватка лонгитюдных данных.

Выводы: существующие методы позволяют эффективно оценивать функциональное состояние спортсменов, однако точность прогностических моделей ограничена дефицитом данных по спортсменам высокого уровня. Перспективным направлением является интеграция многофакторных данных и развитие специализированных моделей для спорта высших достижений.

Ключевые слова: функциональное состояние спортсменов, физическая работоспособность (РВС), максимальное потребление кислорода (МПК, VO_{2max}), субмаксимальные тесты, биомаркеры выносливости, машинное обучение в спортивной медицине, прогностические модели работоспособности

Для цитирования: Назаров С.В., Самойлов А.С., Круглова И.В. Обзор современных подходов к оценке и прогнозированию показателей МПК и РВС у спортсменов //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 23–35 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-23-35

S.V. Nazarov¹, A.S. Samoylov², I.V. Kruglova¹

An Overview of Modern Approaches to Assessing and Predicting IPC and PWC Performance Among Athletes

¹International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia²Federal State Budgetary Institution "Scientific Research Institute of Occupational Medicine named after Academician N.F.Izmerov", Moscow, Russia

Contact person: Nazarov Sergey Victorovich: snazarov54@yandex.ru

Abstract

Background: assessing the functional state of athletes is a key task in sports medicine. Physical Working Capacity (PWC) and maximal oxygen uptake (VO_{2max}) are major markers of aerobic performance, yet their direct measurement is limited by methodological and practical constraints, stimulating the development of submaximal tests and predictive approaches.

Objective: to summarize current methods for assessing and predicting PWC and VO_{2max} , including direct and indirect tests, laboratory and physiological indicators, biochemical and genetic markers, as well as statistical and machine-learning models.

Material and methods: an analytical review of national and international research was conducted, covering ergospirometry, submaximal tests (PWC170, Åstrand-Rhyming), field assessments, biomarkers, proteomics, genetics, and ML algorithms. Data from recreational athletes to elite performers were systematized

Results: PWC and VO₂max were shown to depend on age, sex, sport type, training status, hemoglobin mass, iron stores, inflammatory markers, and recovery characteristics. Predictive accuracy improved when using neural networks, SVM, boosting models, and wearable sensor data, with several studies reporting high correlations ($R=0,9$) and errors below 3-5 ml/kg/min. Current limitations include a lack of studies involving elite athletes and insufficient longitudinal data.

Conclusions: existing methods provide effective assessment of athletes' functional state, yet predictive precision remains constrained by limited high-level datasets. Integration of multifactorial data and development of specialized models for elite sports represent key future directions.

Keywords: *functional state of athletes, physical working capacity (PWC), maximal oxygen uptake (VO₂max), submaximal exercise tests, endurance biomarkers, machine learning in sports medicine, performance prediction models*

For citation: Nazarov SV, Samoylov AS, Kruglova IV. An Overview of Modern Approaches to Assessing and Predicting IPC and PWC Performance Among Athletes. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:23-35. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-23-35

Введение

В системе подготовки атлетов функциональное состояние является одним из ключевых компонентов, который отражает текущую способность ответа на нагрузку и уровень восстановления организма [1]. Одними из главных интегральных показателей функционального состояния являются показатели PWC (Physical Working Capacity, уровень физической работоспособности) и МПК (максимального потребления кислорода, VO₂max) [2]. Эти показатели отражают способность организма выполнять интенсивную работу и обеспечивать мышцы кислородом. Высокий МПК традиционно связывают с успешностью в видах спорта на выносливость. Уровень физической работоспособности (PWC) отражает комплексную возможность организма совершать работу определенной мощности длительно. В спорте высших достижений даже незначительное улучшение аэробных возможностей может дать конкурентное преимущество. Поэтому точная оценка PWC и МПК, а также умение прогнозировать их изменения, имеют практическое значение для тренеров и спортивных врачей. Например, исследования показывают, что МПК является главным фактором, определяющим потенциал высокой работоспособности в циклических видах спорта [2].

Однако непосредственное измерение МПК – трудоемкая процедура, связанная с предельными нагрузками для испытываемого и необходимостью высокоточного оборудования. Проведение подобного теста имеет противопоказания и не всегда возможно на практике. В связи с этим в спортивной физиологии развит целый ряд субмаксимальных тестов и расчетных методов, позволяющих косвенно оценить МПК и PWC без доведения спортсмена до полного изнеможения.

Развитие современных аналитических технологий открывает новые возможности в области оценки показателей аэробной и физической работоспособности: от сбора больших объемов данных о состоянии атлета (например, результаты лабораторных анализов и данные носимых датчиков) до применения методов математического моделирования и машинного обучения для прогнозирования показателей выносливости.

В данной статье рассмотрены базовые понятия функционального состояния спортсмена, а также PWC и МПК – показатели физической работоспособности, являющейся одной из составляющих функционального состояния. Проведён обзор современных подходов к прогнозированию этих показателей (включая статистические модели, машинное обучение, биомаркеры) и особенности их анализа в спорте высших достижений. В заключение, обсуждаются существующие пробелы и перспективы дальнейшего развития данной тематики.

Понятия функционального состояния, PWC, МПК

Функциональное состояние (ФС) спортсмена – интегральная характеристика, описывающая текущее состояние и степень готовности его организма к спортивной деятельности [3]. По определению И.В. Левшина и соавт., концепция «функционального состояния» является одной из характеристик организма, во многом определяющей успех спортивной деятельности: она отражает согласованность работы функциональных систем и резервные возможности спортсмена [4]. Данное состояние динамично и формируется при долгосрочной адаптации. Поддержание оптимального ФС на этапе соревнований является важным для достижения высоких результатов. В спортивной физиологии ФС часто оценивается именно через призму работоспособности и выносливости, ключевыми маркерами которых являются показатели PWC (аббр. от Physical Working Capacity) и МПК (Максимальное потребление кислорода).

Максимальное потребление кислорода (МПК или VO₂ max) – это наибольшее количество кислорода, которое организм способен поглощать и усваивать в единицу времени при предельной физической нагрузке. Как правило, МПК измеряется в миллилитрах O₂ в минуту на килограмм массы тела (л/кг) и отражает предельную аэробную мощность спортсмена. Концепция МПК была впервые введена А.В. Хиллом еще в 1920-х годах на основе экспериментов с анализом выдыхаемого воздуха во время нагрузочных тестов [27]. Уже к 1960-м годам классические работы П.О. Астранда и Б. Салтина продемонстрировали, что спортсмены высших достижений, выступающие в

видах спорта на выносливость, обладают исключительно высокими значениями МПК, и установили четкую зависимость: чем выше МПК, тем выше потенциал спортсмена в аэробных дисциплинах [28]. В результате, МПК стал общепризнанным критерием развития выносливости и аэробной производительности. Методически МПК определяется в лабораторных условиях посредством теста с нарастающей нагрузкой до отказа - например, работа на велоэргометре с постепенным увеличением скорости или мощности до истощения возможностей испытуемого [2]. Во время теста измеряется потребление кислорода и выделение CO_2 с помощью газоанализа, а максимальные достигнутые значения VO_2 фиксируются как МПК. Этот прямой метод считается «золотым стандартом» оценки выносливости, поскольку дает наиболее точное измерение. Стоит отметить, что МПК не равнозначно общей физической подготовленности – помимо максимального потребления кислорода на выносливость влияют анаэробные возможности, экономичность техники, психическая мотивация и др. [2]

PWC – показатель физической работоспособности, характеризующий способность человека выполнять нагрузку умеренной интенсивности. На практике под PWC обычно подразумевают тест PWC170 - мощность работы, при которой частота сердечных сокращений (ЧСС) достигает 170 уд/мин. Эта проба была предложена учеными Каролинского университета (Сьестранд, Валунд) и официально рекомендована ВОЗ в 1968 году для стандартизированной оценки работоспособности [5]. Тест основан на зависимости частоты сердечных сокращений и мощности выполняемой работы. Это позволяет предсказать на основании выполняемой работы небольшой мощности, какой будет у обследуемого ЧСС при любой нагрузке большей интенсивности [29]. В классическом варианте PWC170 определяется на велоэргометре: спортсмен выполняет две ступенчатые нагрузки субмаксимальной мощности, после каждой измеряют пульс, а затем по формуле или графически экстраполируют мощность, соответствующую ЧСС 170. Полученное значение (в ваттах или кгм/мин) отражает функциональные резервы сердечно-сосудистой системы испытуемого. Чем выше PWC170, тем больше работы способен выполнять спортсмен без выхода пульса в запретную зону. Показатель часто нормируют на массу тела (Вт/кг) для сопоставимости разных людей. Выбор ЧСС=170 уд/мин. обусловлен тем, что у здоровых молодых людей зависимость ЧСС от нагрузки носит линейный характер примерно до этого уровня, а зона 100-170 уд/мин. соответствует «оптимальному функционированию» сердечно-сосудистой системы. По исходной методике Шестранда (Karolinska Institute, 1950-е гг.), спортсмен выполнял ступенчато возрастающую нагрузку на велосипеде до достижения пульса 170, что было достаточно утомительно и долго. Позднее В.Л.Карпманом был предложен сокращенный вариант: две 5-минутные нагрузки умеренной интенсивности и вычисление PWC170 методом экстраполяции по формуле: $\text{PWC170} = W1 + (W2 -$

$W1) * (170 - f1) / (f2 - f1)$, где W1 и W2 - мощности первой и второй нагрузки, f1 и f2 - ЧСС в конце этих ступеней [2]. В практическом плане, проба PWC170 широко применялась в спортивной медицине СССР и России для массового обследования, так как она относительно проста, занимает порядка 10–15 минут и не требует доводить спортсмена до полного истощения. Этот показатель коррелирует с максимальной аэробной мощностью: еще в 1954 г. Астранд и Рёминг, опираясь на высокую корреляцию между PWC170 и МПК, предложили методику расчёта МПК по результатам субмаксимальных нагрузок [6]. Однако она дает лишь косвенную оценку аэробной производительности. Тем не менее, PWC остается ценным интегральным показателем функционального состояния и его величину можно сопоставлять с МПК.

Методы измерения PWC и МПК: сложности, особенности и косвенные расчёты

Прямое измерение МПК. Наиболее точным методом определения МПК является прямой лабораторный тест с анализом газообмена. Как было описано выше, спортсмен выполняет ступенчато возрастающее упражнение (бег на дорожке или работа на велоэргометре) до полного отказа, при этом с помощью газоанализатора непрерывно измеряется потребление кислорода и выделение углекислого газа. Момент выхода на плато потребления O_2 при нарастающей нагрузке и фиксирует истинное значение максимального потребления кислорода. Одновременно регистрируются ЧСС, вентиляция легких и другие параметры (при необходимости). Прямые тесты на МПК дают наиболее достоверную информацию, однако связаны с рядом трудностей. Во-первых, спортсмен должен работать до изнеможения, что требует высокой мотивации, подготовки и может нести риски для здоровья. Во-вторых, необходима сложная аппаратура и квалифицированный персонал для проведения тестирования. Нагрузочные тесты максимальной мощности сложно проводить часто из-за высокой степени стресса для организма. Кроме того, полученное значение МПК справедливо именно для конкретного вида теста - например, у многих спортсменов МПК при беге на дорожке выше, чем при работе на велоэргометре, из-за вовлечения большей мышечной массы (разница может достигать порядка 20% между беговой и велосипедной пробами). Все это обуславливает потребность в разработке косвенных методов оценки аэробных возможностей, не требующих выполнения предельных усилий.

Косвенные методы. В спортивной практике широко применяются косвенные методы оценки МПК, не требующие предельных усилий от спортсмена. К ним относятся, прежде всего, различные протоколы ступенчатых нагрузок субмаксимальной интенсивности с последующей экстраполяцией результата на максимум. Основной пример – уже рассмотренная проба PWC170 на велоэргометре. Она позволяет получить показатель мощности при пульсе 170 уд/мин., который затем

может быть использован для расчета предполагаемого МПК. В классическом методе Астранда на велоэргометре (Astrand Rhythmic Test, 1954) испытуемый выполняет 6-минутную ровную нагрузку, доводя ЧСС до 130 – 150 уд/мин., после чего по специальной номограмме Астранда (с поправкой на пол и возраст) определяется его МПК. Метод основан на эмпирически установленной зависимости между нагрузкой, пульсом и МПК у людей разного уровня тренированности [6].

Другой пример – тесты с расчетными уравнениями. Американский колледж спортивной медицины (ACSM) предлагает формулы для прогнозирования МПК по результатам субмаксимального стресс-теста (протокол Брюса и др.), используя скорость и уклон беговой дорожки, а также ЧСС [7]. Однако исследования показывают, что подобные стандартные уравнения могут давать ощутимую погрешность у тренированных спортсменов. Так, при проверке формулы ACSM для бегового протокола Брюса на выборке атлетов (18 – 37 лет) обнаружено, что расчетные значения систематически отличались от реально измеренных МПК. Точность предсказания оказалась недостаточной, если не выполнять индивидуальную калибровку [7]. Иными словами, универсальные формулы, хорошо работающие для среднего населения, плохо учитывают особенности сердечно-сосудистого отклика у высоко тренированных людей.

Полевые тесты на выносливость. Вне лаборатории разработано множество простых испытаний, позволяющих приблизительно оценить аэробные возможности человека. К классическим примерам относится 12-минутный беговой тест Купера: за 12 минут атлет пробегает максимальную дистанцию, по которой затем оценивается МПК по формуле Купера. Корреляция результата теста Купера с лабораторным МПК очень высокая – порядка $r = 0,92$, что делает его одним из лучших полевых предикторов аэробной мощности [8]. Другой распространенный метод – многоступенчатый тест на 20 метров (“shuttle run” тест, «beep test»), где испытуемый бежит отрезки 20 метров в ритме сигнала, ускоряющегося каждую минуту, пока не выдохнется. Достигнутый уровень (количество пробежек) также переводится в оценку МПК [26]. Несмотря на популярность “beep test”, некоторые работы отмечают, что он не всегда надежно предсказывает МПК у отдельных лиц. Тем не менее, в среднем по группе его корреляция с МПК значима (обычно $r \sim 0,85 – 0,90$). Существуют и другие тесты: поднятие на платформу фиксированной высоты в течение 5 минут с заданным темпом, после чего по ЧСС восстановления судят о МПК; тест Рокпорта (быстрая ходьба на 1,6 км с измерением пульса в конце); и пр. Их общее преимущество – простота и массовость применения, а недостаток – большая погрешность для конкретного атлета. Впрочем, для оценки состояния или самоконтроля спортсмена на протяжении времени такие тесты могут быть полезны.

В дополнение к аэробным тестам иногда оценивают и сопутствующие характеристики, например лактатный порог – % МПК, при котором

начинается ускоренное накопление лактата в крови. Лактатный порог лучше коррелирует с уровнем физической работоспособности, чем один лишь МПК, особенно у атлетов с близкими значениями МПК. Поэтому в лабораториях спорта как правило проводят комбинированные тесты: ступенчатая нагрузка с замерами лактата на каждой ступени и параллельной регистрацией VO_2 – это дает полную картину аэробной и анаэробной работоспособности.

Сравнение методов измерения. В таблице обобщены основные подходы к оценке аэробной работоспособности, их особенности, плюсы и минусы.

Как видно, выбор метода зависит от условий и поставленных задач. Если требуется максимальная точность – предпочтителен лабораторный МПК-тест с газоанализом. Для мониторинга прогресса группы спортсменов на протяжении сезона удобны субмаксимальные тесты (PWC170, аэробный порог, беговые нормативы), которые можно проводить чаще и с меньшей нагрузкой на атлета. Полевые тесты полезны для приблизительной оценки функционального состояния вне лаборатории. Косвенные тесты основаны на среднестатистических зависимостях и допущениях (линейность связи пульса и VO_2 , типичная максимальная ЧСС по возрасту и т.д.), поэтому для конкретного спортсмена погрешность может быть существенной. Важно понимать, что выбор метода зависит от задач и контингента. В научных и элитных спортивных условиях приоритет отдают максимально точным данным – особенно в циклических и игровых видах спорта, где основной лимитирующей системой является кардиореспираторная система. Но в массовой практике, фитнесе и скрининге здоровья ключевую роль играют косвенные экспресс-оценки и прогнозные модели. Это создает запрос на совершенствование методов прогнозирования PWC и МПК – от классических регрессионных уравнений до современных алгоритмов машинного обучения. При этом должны быть соблюдены правила единообразия проводимых тестов (стандартизация).

Особенности и ограничения аналитики в спорте высших достижений

Анализ функционального состояния в спорте высших достижений имеет свою специфику. С одной стороны, профессиональные атлеты – это относительно небольшая выборка людей с нетипичными возможностями, и к каждому нужен индивидуальный подход. С другой стороны – у спортсменов высших достижений есть доступ к лучшим ресурсам: тренерам, врачам, научным группам, высокотехнологичным лабораториям. Поэтому в спорте высших достижений широко применяется комплексная спортивная аналитика – сбор и интерпретация множества показателей (физиологических, биохимических, биомеханических) для улучшения результатов. Методы, хорошо работающие на общей популяции или любителях, не

Таблица

Основные методы оценки аэробной работоспособности спортсменов
The main methods of assessing the aerobic performance of athletes

Метод оценки выносливости	Описание и примеры	Преимущества	Ограничения/ минусы
Прямой тест МПК (лабораторный)	Ступенчатый тест до отказа с анализом дыхания. Непосредственно измеряет максимальное потребление O_2	Точность – прямое измерение, эталонный метод, информативность	Тяжел для спортсмена – требует максимального усилия; нужен дорогой аппарат и персонал; противопоказан в некоторых случаях
PWC170 (субмакс. тест)	2 – 3 ступени нагрузки на велоэргометре, расчет мощности при ЧСС=170 уд/мин. Косвенно отражает аэробную работоспособность	Без экстремального напряжения, тест 10 – 15 мин; можно проводить массово; показатель PWC коррелирует с МПК	Нет прямого VO_2 измерения – нужна экстраполяция или эмпирическая формула (погрешность); применим в основном для сравнения в динамике у данного спортсмена
Полевые тесты (беговые и др.)	Купер-тест 12 мин, бег на 1,5 мили, «beep test» 20 м. и пр. – оценка выносливости по дистанции/времени или реакции ЧСС	Простота и доступность – минимальное оборудование, можно тестировать команду сразу; высокая корреляция с МПК у среднего человека ($r=0.9$ для 12-мин бега)	Влияние внешних факторов – погода, покрытие, мотивация; меньшая точность для индивида – доверительные интервалы широкие (± 5 мл/кг·мин и более). Не измеряют физиологические параметры напрямую
Косвенные расчетные методы	Формулы ACSM, номограммы (Астранд), не требующие предельной нагрузки – используют субмакс. ЧСС, время теста и др.	Безопасность и скорость – можно оценить МПК у неподготовленных людей; массовость – пригодны в медосмотрах	Оценочный характер – могут сильно недооценить или переоценить МПК тренированных лиц; требуют стандартизованного протокола, невысокая точность

всегда применимы к спортсменам мирового уровня из-за уникальности последних и высоких требований к точности. Рассмотрим ключевые особенности.

Ограниченный объем данных и статистическая значимость. В спорте высших достижений выборки спортсменов, как правило, невелики. Топ-спортсменов – единицы или десятки в стране. Это затрудняет проведение исследований с большой статистической мощностью: часто выводы делаются на основе наблюдений 8 – 10 атлетов, что снижает уверенность. Кроме того, сами атлеты крайне неоднородны: каждый из них – результат многолетнего многоуровневого отбора, а также уникальной комбинации природных данных и формирования спортоспецифических функциональных систем при долгосрочной адаптации в процессе многолетней подготовки. Поэтому вариативность данных внутри группы элитных спортсменов может быть мала по одним параметрам (например, у всех бегунов МПК >70 мл/кг·мин, разброс невелик), а по другим – напротив, непредсказуема. Модель, натренированная на «средних людях», может не иметь достаточной экстраполяционной способности для профессиональных атлетов. Как пример, формулы прогнозирования времени марафона по МПК и лактатному порогу работают для большинства бегунов-любителей, но у элитных марафонцев (2 часа $\pm$ пару минут) эти формулы могут давать систематическую ошибку, так как не учитывается тактическая составляющая тренированности. Аналогично, оценка МПК по субмакс. ЧСС может давать ошибку, при попытке использовать её для спортсменов топ-уровня: у высоко тренированного сердца удельный ударный объем выше, а пульс при нагрузке ниже – формула может переоценить МПК, если была обучена на обычных людях. Поэтому

тренеры предпочитают прямые измерения или индивидуальные калибровки формул.

Пределы физиологических возможностей. У элитных атлетов многие показатели близки к теоретическим пределам человека. Это порождает эффект плато: например, у хорошо тренированного бегуна на длинные дистанции МПК спустя годы тренировок выходит на плато и более существенно не растет, несмотря на продолжающееся улучшение соревновательных результатов за счет других факторов (техника, тактика, порог, экономика бега). Исследования подтверждают, что у высокотренированных спортсменов улучшение результата зачастую происходит без роста МПК. Это значит, что МПК теряет чувствительность как маркер прогресса: он достигает генетически близкого потолка, а дальше тренировки улучшают специальные качества. Аналогичные процессы могут происходить с показателем PWC: тест PWC170 у олимпийского чемпиона и другого члена сборной команды может быть одинаков, разница будет в нюансах (умение терпеть близко к МПК, стратегия распределения усилий). Таким образом, при работе с элитой спорта нужно помнить, что прогностическая ценность PWC и МПК для результата может снижаться, когда эти показатели достигают очень высоких величин и перестают отражать различия между спортсменами. К этому добавляется возрастной компонент: ключевые физиологические системы, определяющие максимальные мощности, развиваются и достигают пика примерно к 20 – 25 годам. После этого их потенциал остаётся стабильным или постепенно снижается, и именно в этот период решающую роль начинают играть техника, тактика, устойчивость к выдерживанию темпа, распределение усилий.

Влияние специализации и техники. В спорте высших достижений большое значение приобретает специфика вида спорта. Например, сравнивая по МПК представителей разных дисциплин, не всегда можно предсказать их результативность. У биатлониста и лыжника значения МПК могут быть одинаковы, но умение стрелять на фоне нагрузки и технически работать на лыжне – решит успех в биатлоне. В игровых видах спорта (футбол, баскетбол) МПК важен для общего функционального фона, но игрок с чуть более низким МПК может компенсировать это за счет лучшего позиционирования и понимания игры, что позволит ему тратить меньше энергии за матч. То есть результативность в прикладном смысле – многокомпонентна и не сводится только к физической работоспособности. Поэтому аналитические модели, ориентированные только на показатели PWC или МПК, могут не объяснять полностью результативность в спорте.

Этико-правовые ограничения и секретность данных. Данные о спортсменах высших достижений, особенно членах национальных сборных команд, являются конфиденциальными. Национальные команды не публикуют в открытый доступ результаты тестирований своих атлетов, опасаясь раскрыть информацию конкурентам. В итоге, исследователям сложно собирать большие открытые наборы данных именно по элитным атлетам. Большинство открытых исследований проводятся на спортсменах регионального или местного уровня, спортивных школ и т.д. Это ограничивает прогресс научного понимания атлетов именно топ-уровня.

Погрешности и ошибки измерений на высоких уровнях. Чем ближе спортсмен к своему пределу, тем сложнее точно измерить и интерпретировать показатели. Малейшая ошибка или разница в протоколе может исказить выводы. Например, повторность теста МПК у элиты может варьироваться в пределах $\pm 2-3\%$, что в абсолюте (2 – 3 мл/кг) составляет малую величину, но для топ-спортсмена это может быть разница между первым и пятым местом в прогнозе. Поэтому статистическая значимость улучшения должна оцениваться осторожно.

В то же время при создании методов многофакторной оценки состояния спортсменов есть очень важное преимущество. В центрах спортивной медицины сегодня возможно в течение одного дня провести спортсмену целую серию тестов: от лабораторных анализов крови и оценок состава тела до функциональных проб PWC170, определения МПК, лактатного профиля, показателей мощности и т.д. Специализированное оборудование и специалисты позволяют получить полный “портрет” спортсмена в рамках 1 – 2 дней, то есть оценить полностью взаимосвязанные и единовременные показатели атлета на текущий момент.

Таким образом, при оценке функционального состояния спортсменов можно учитывать мировые разработки, основанные на выборках спортсменов любительского уровня, поскольку они обеспечивают

базу с большим количеством данных для настроек и обучения математических моделей. Но при этом физиологические характеристики спортсменов высших достижений, как правило, выходят за пределы референсных значений общей популяции. В связи с чем целесообразно строить отдельные математические модели, учитывающие уникальные особенности высокотренированных организмов.

Методы предсказания показателей PWC и МПК

Статистические исследования

Прежде чем переходить к рассмотрению методов предсказания показателей PWC и МПК, стоит проанализировать существующие статистические данные и описательные исследования. Это позволит понять, какие значения этих метрик характерны для различных категорий – от обычных людей до профессиональных спортсменов, а также как они варьируют в зависимости от пола, возраста, вида спорта и периода подготовки. Рассмотрим основные закономерности, выявленные на сегодняшний день.

Популяционные нормативы. В 2015 г. было опубликовано исследование, основанное на международной базе данных FRIEND (Fitness Registry and Importance of Exercise National Database), куда вошли тысячи результатов нагрузочных тестов [9]. В рамках исследования были рассчитаны нормативные градации МПК для разных полов и возрастов. Так, для мужчин в возрасте 20 – 29 лет и 30-39 лет средними значениями МПК оказались 47,6(11,3) и 43,0 (9,9) соответственно (в скобках указан интервал стандартного отклонения). Для женщин аналогичных возрастных групп средними значениями МПК оказались 37,6 (10,2) и 30,9 (8,0) соответственно.

Аналогично, советскими и российскими учеными (Л. Карпман и др.) были предложены категории оценки PWC170: низкая, средняя, высокая работоспособность – в зависимости от абсолютных и относительных значений теста [5]. Например, для мужчин в возрасте 20 – 29 лет показатель PWC (кгм/мин) был разделён на такие категории: низкая – до 699, ниже средней – от 700 до 849, средняя – от 850 до 1149, выше средней – от 1150 до 1299, высокая – от 1300. Для женщин аналогичные интервалы составляют порядка 2/3 от мужских.

Уровень физической подготовленности. Одним из наиболее важных факторов, влияющих на PWC и МПК, является общий уровень физической подготовленности. У нетренированных людей показатели аэробной работоспособности относительно низки. В пробе PWC170, как указывают нормативные данные, здоровые молодые мужчины, не занимающиеся спортом, имеют PWC170 порядка 115 – 180 Вт, женщины – около 75 – 125 Вт. В пересчете на массу это $\sim 2,5$ Вт/кг у мужчин и $\sim 1,7$ Вт/кг у женщин [5]. Величина МПК у нетренированных мужчин составляет 35 – 45 мл/кг·мин, у женщин 30 – 35 мл/кг·мин. При переходе к группе физически активных любителей (регулярно

тренирующихся для здоровья) наблюдается существенный прирост. У людей, занимающихся бегом или фитнесом несколько раз в неделю, МПК может достигать 45 – 55 мл/кг·мин (мужчины) и 35 – 45 мл/кг·мин (женщины). Наконец, у высококвалифицированных спортсменов значения возрастают колоссально: у мужчин-спортсменов высшего уровня МПК обычно превышает 60 мл/кг·мин и может доходить до 80 – 85 (в отдельных случаях выше), у женщин-спортсменок – 50 – 70 мл/кг·мин [2]. Аналогично, PWC170 у спортсменов значительно выше: относительные значения порядка 4 – 5 Вт/кг против 1,7 – 2,5 Вт/кг у неспортивных людей. Таким образом, плановость, систематичность, объем и интенсивность физических нагрузок и уровень спортивного мастерства прямо отражаются на PWC и МПК. Интересно отметить, что разрыв между мужчинами и женщинами по аэробным показателям уменьшается на высоком уровне спортивного мастерства. В среднем у женщин МПК на 15-30% ниже, чем у мужчин того же возраста и тренированности. Однако среди элитных спортсменок в видах спорта на выносливость этот разрыв сокращается до ~10% [2]. Эти факты подчеркивают, что организм отлично адаптируется к регулярным аэробным нагрузкам, независимо от пола.

Виды спорта. Классические работы Astrand и Saltin (1960-е) предоставили первые таблицы МПК для разных спортсменов: бегуны на выносливость, лыжники, велосипедисты показали наиболее высокие значения (70-80 мл/кг), пловцы – несколько ниже (около 60 – 70), конькобежцы – примерно на уровне бегунов. Это создало научную базу, подтвердившую, что спортсмены высших достижений в аэробных дисциплинах имеют высокий МПК. Показатели максимальной аэробной производительности сильно разнятся между спортсменами циклических видов спорта и спортсменами с другой направленностью тренировочного процесса. Самые высокие значения МПК фиксируются у атлетов, специализирующихся в циклических видах с длительной нагрузкой – лыжные гонки, бег на длинные дистанции, велоспорт. Известно, что наиболее выдающиеся значения были отмечены именно в этих видах: в литературе приводятся примеры, когда у отдельных чемпионов было зафиксировано значение около 90 – 97 мл/кг·мин потребления кислорода [30]. Эти цифры близки к теоретическим пределам для человека. В противоположность этому, спортсмены игровых и силовых видов спорта демонстрируют более умеренные показатели аэробной выносливости. Например, у футболистов высшего уровня МПК составляет около 54 – 64 мл/кг·мин, у борцов – 50 – 65 мл/кг, у хоккеистов – 50 – 60 мл/кг [2]. Для сравнения, представители скоростно-силовых дисциплин (метатели, тяжелоатлеты) имеют относительно низкие значения – порядка 40-50 мл/кг·мин, поскольку высокая аэробная емкость не является определяющей в их виде деятельности.

В одном из исследований, сравнивающих спортсменок разных специализаций, у бегуний на

длинные дистанции были зафиксированы наибольшие значения PWC170, в то время как гандболистки показали наиболее низкие результаты этого теста. Разница объясняется характером тренировки: бегуни развивают преимущественно аэробную выносливость, тогда как в гандболе больше анаэробной работы и перерывов, поэтому общий уровень аэробной производительности у гандболисток ниже. Данный пример подтверждает, что PWC, как и МПК, во многом определяется требованиями вида спорта и специфической адаптацией организма спортсмена [11].

Сезонный цикл. Если говорить о динамике в рамках тренировочного цикла спортсмена, то и PWC, и МПК у профессионалов не являются постоянными величинами – они изменяются в зависимости от периода подготовки. Как правило, после базового подготовительного периода (с большими объемами аэробной работы) показатели выносливости достигают максимума к началу соревновательного сезона. В ходе самого сезона могут быть колебания: некоторые исследования фиксировали снижение МПК и PWC к концу сезона из-за накопленной усталости или недостатка аэробных тренировок в соревновательном периоде, тогда как повторный цикл с периодом отдыха восстанавливал и улучшал эти параметры. Данные указывают, что за сезон происходит адаптация системы энергообеспечения: к главным стартам организм выходит на пик формы, где PWC и связанные показатели максимально связаны с результативностью. Затем обычно следует разгрузочный период, в котором часть аэробных способностей может снижаться, но это восстановимо при новом цикле тренинга. Статья И.В. Левшина и соавт. (2013) о функциональных состояниях дала теоретический анализ и подчеркнула, что важно отслеживать состояние спортсменов в динамике сезона, так как у них бывают периоды спада – «функциональные ямы» – и подъемы формы [4]. Практический вывод – нужна постоянная оценка PWC (или косвенных показателей) в разные периоды.

Теперь перейдем к исследованиям, связанным с предсказанием показателей МПК и PWC.

Предсказание показателей PWC и МПК

Наиболее многочисленными являются модели предсказания, основанные на трёх видах показателей: антропометрические измерения, субмаксимальные нагрузки и данные с носимых устройств (например, с умных часов).

Например, в работе 2022 года группа ученых предложила прогнозировать МПК по короткому полевому тесту – забегу на 600 м в гору с носимыми датчиками – с помощью нейронной сети [12]. Они собрали данные 18 испытуемых (мужчин и женщин в возрасте от 20 до 39 лет), измерили их фактическую МПК в лаборатории, а затем попытались предсказать МПК по показателям 600-метрового забега (время, отношение скорости к ЧСС, ИМТ и др.). Результат: нейросеть

(многослойный перцептрон) дала коэффициент детерминации $R^2 = 0,94$, со средней ошибкой $\sim 1,6$ мл/кг·мин. Авторы подчеркнули, что их метод позволяет с помощью короткого интенсивного теста и несложных измерений достаточно точно оценить МПК обычного человека без участия эксперта и лаборатории. Другой пример – использование носимых приборов мониторинга физиологических показателей и больших данных. В 2023 году опубликовано исследование, в котором модель машинного обучения обучалась на более чем 3000 записях с «умных» часов (Apple Watch, Garmin): данных о количестве шагов и пульсе для прогнозирования МПК [13]. Участники просто носили устройства во время обычных тренировок, а эталонные МПК были либо измерены непосредственно на части из них, либо оценены алгоритмами устройств. Разработанная модель на основе алгоритмов случайного леса и градиентного бустинга сумела достичь средней ошибки порядка ± 4 мл/кг·мин при прогнозировании МПК. Интересно, что эта модель использовала в качестве входных данных только число шагов и пульс (без сложных акселерометрических сигналов).

Ashfaq et al. (2022) проанализировали более 30 исследований по ML-прогнозированию МПК [14]. Во всех исследованиях использовались различные комбинации базовых (пол, возраст), антропометрических (например, вес и рост) и функциональных (например, максимальный пульс) характеристик. Выяснилось, что во многих работах удавалось достичь очень высокой корреляции между предсказанным и измеренным МПК ($R \sim 0,9$) при умеренной ошибке (порядка 3 мл/кг·мин), используя нейросети, случайные леса и другие алгоритмы. В одном из приведенных примеров алгоритм, обученный на данных носимого датчика (нагрудного ЭКГ-патча), смог оценить МПК с ошибкой около 5%. Такие результаты сопоставимы с точностью субмаксимальных тестов, но без проведения специального упражнения. Т.е. фактически МПК можно оценить по данным обычной активности.

Ещё одно исследование, проведённое в Кембриджском университете (2020 г.), сообщало, что на основе ежедневных данных фитнес-браслета (пульс в покое, реакция пульса на обычную ходьбу, статистика активности) можно алгоритмами машинного обучения спрогнозировать МПК достаточно точно для оценки уровня тренированности [15]. Группа исследователей из Кембриджа разработала модель, использующую сигналы фитнес-трекеров (акселерометра и пульсометра), для оценки уровня МПК без проведения специальных тестов. В крупнейшем на сегодня исследовании такого рода были проанализированы данные более 11000 человек, которые носили датчики в обычной жизни, а для части из них МПК был измерен стандартным лабораторным способом. На основе полученного массива с помощью алгоритмов глубокого обучения (нейронных сетей) была обучена модель, сумевшая предсказывать МПК по комбинации простых

показателей активности и ЧСС. Точность оказалась высокой: разработанная модель практически не уступала по точности непосредственному тесту и превосходила все ранее существовавшие подходы оценки МПК по носимым устройствам. Важно, что алгоритм работает «в фоне» — т.е. оценивает фитнес во время обычной активности (например, прогулок), не требуя выполнения теста до отказа.

Менее многочисленными являются исследования, связанные с предсказанием МПК или PWC по биохимическим маркерам крови. Тем не менее, мы можем делать однозначные выводы о связи некоторых биохимических маркеров с аэробной производительностью для когорты спортсменов-любителей.

Концентрация гемоглобина и гематокрит давно рассматриваются как факторы, влияющие на МПК, поскольку определяют кислородную ёмкость крови. У тренированных лиц более высокие значения гемоглобина обычно сопутствуют большему МПК, хотя корреляция зачастую умеренная. Например, у молодых спортсменов-мужчин выявляются слабopоложительные корреляции МПК с гемоглобином и гематокритом (порядка 0,2 – 0,3) [16]. Наиболее тесной характеристикой является общая масса гемоглобина – интегральный показатель, отражающий суммарное количество гемоглобина в организме (учитывает как концентрацию, так и объём крови). Общее количество гемоглобина считается одним из ограничивающих факторов МПК у взрослых: изменение массы гемоглобина на 1 г приводит к изменению МПК примерно на 4 мл/мин [17]. В литературе отмечено, что корреляция между общей массой гемоглобина и МПК обычно выше, чем между концентрацией гемоглобина или числом эритроцитов и МПК. Тем не менее, в популяциях с разным уровнем гемоглобина наблюдается тенденция: гемоглобин – один из наиболее надёжных лабораторных коррелятов МПК. В недавней работе с лыжниками любителями (мужчины – 38 лет) гемоглобин оказался сильнейшим предиктором МПК: в регрессионной модели его вклад был положительным и статистически значимым ($p < 0,001$) [18]. Фактически, в этой группе вариации концентрации гемоглобина и связанных показателей объясняли до 90 – 94% дисперсии МПК ($R^2 \sim 0,9$) при подборе оптимальных двухфакторных моделей. Хотя столь высокая согласованность показателей частично обусловлена особенностями выборки (относительно однородная группа спортсменов), результат подчёркивает важность гемоглобина: из всех лабораторных переменных именно его концентрация давала наиболее устойчивую положительную связь с МПК. В ещё одном исследовании на 1566 участников было показано, что 40% и 37% изменений МПК объяснялись изменением массы гемоглобина и показателя эритроцитов в крови соответственно [31].

Для синтеза гемоглобина и поддержания выносливости важным является поддержание достаточного уровня железа (для мужчин нижней

границей нормы принято считать значение порядка 11 мкмоль/л, а для женщин – 6,6 мкмоль/л). Даже скрытый дефицит железа (низкие запасы без анемии) способен снизить работоспособность. В исследовании с участием молодых женщин обнаружено, что у спортсменок с истощёнными запасами железа (ферритин <12 мкг/л, без анемии) МПК был статистически ниже, чем у девушек с нормальным железом [19]. Разница в МПК прямо коррелировала с уровнем ферритина и не объяснялась различиями в гемоглобине. Иными словами, даже при нормальном гемоглобине снижение ферритина ассоциируется с ухудшением максимального потребления O_2 , вероятно из-за снижения активности железосодержащих ферментов мышц и общей переносимости нагрузок. Для субмаксимальной работоспособности (PWC170) аналогично показана связь с железо-дефицитными состояниями, особенно у женщин [20]. В выборке спортсменок различных специализаций наивысшие PWC170 и ферритин были у стайеров, а самые низкие – у гандболисток, у которых обнаружили и самые низкие запасы железа. Соответственно, среди женщин показатель PWC170 значимо коррелировал с ферритином ($r \sim 0,4-0,5$).

Концентрация лактата – также один из важных маркеров анаэробного метаболизма при нагрузке. Сам по себе МПК не отражает напрямую лактатный порог, однако более тренированные лица, как правило, имеют более высокий порог и эффективнее утилизируют лактат. Прямая корреляция покоящегося или пикового лактата с МПК не однозначна: у высокотренированных атлетов максимальные лактаты после теста могут быть высокими (потому что они способны развить большую мощность), но в покое у них лактат обычно ниже из-за тренированности. Информативнее изучать элиминацию лактата после нагрузки, так как уровень функционального состояния складывается не только из возможности переносить высокую нагрузку, но и от скорости восстановления. В недавнем исследовании среди хоккеистов любительского уровня МПК значимо коррелировал со скоростью удаления лактата из крови после серии спринтов: коэффициент корреляции $r = 0,545$ ($p < 0,001$) между МПК и снижением лактата за 4–8 минут восстановления [21]. Проще говоря, игроки с более высоким МПК быстрее «очищали» кровь от лактата в перерывах между игровыми отрезками. Одновременно, у них же наблюдалось и лучшее восстановление пульса, и меньшая потеря скорости в повторных спринтах. Эти данные подтверждают, что аэробная подготовленность улучшает как метаболическую, так и вегетативную составляющие восстановления: высокое МПК позволяет эффективнее ресинтезировать креатинфосфат и утилизировать лактат между подходами, что поддерживает работоспособность при повторных нагрузках.

Корреляция уровня кортизола с МПК как таковая редко изучается напрямую, но есть данные по динамике в ходе тренировок. В исследовании,

наблюдавшем женщин-футбольных судей в течение 40-недельного сезона, выявлены значимые обратные связи между изменениями кортизола и выносливости: в моменты сезона, когда МПК девушек был выше, концентрация кортизола была ниже (корреляция отрицательная, $p < 0,0001$) [22]. То есть по мере улучшения их аэробной формы происходило снижение базального кортизола, а во время спада формы – рост кортизола. Это сочетается с концепцией анаболического баланса: у атлетов на пике формы наблюдается более низкий относительный уровень катаболических гормонов (кортизола).

Воспалительные цитокины и острофазовые белки отражают общее состояние здоровья и наличие системного воспаления. Множество исследований подтвердили обратную связь между уровнем хронического воспаления и показателями функционального состояния. К примеру, в популяционных исследованиях у мужчин обнаружено, что повышенные уровни С-реактивного белка (СРБ) и фибриногена независимо ассоциируются с более низким МПК [23]. Даже после поправки на возраст, массу тела и прочие факторы, эта связь сохранялась: мужчины с высоким СРБ показывали худшие результаты теста с потреблением кислорода. Результаты на спортсменах-любителях подтверждают эту тенденцию. В исследовании лыжников-гонщиков любительского уровня одним из двух главных негативных предикторов МПК оказался именно СРБ: в модели множественной регрессии повышение СРБ достоверно связано с более низким МПК ($p < 0,001$) [18]. Одновременно с этим, значимым отрицательным фактором была скорость оседания эритроцитов (СОЭ) – ещё один маркер воспаления. В этой работе у спортсменов с более высоким уровнем системного воспаления выносливость была снижена, несмотря на схожие тренировки. Авторы делают вывод о необходимости мониторинга иммунной системы наряду с гемоглобином, так как даже у атлетов-любителей вялотекущее воспаление может ограничивать аэробную производительность.

Другой перспективный подход – протеомные «прописи» выносливости. В 2022 – 2025 гг. опубликованы исследования, где измеряли сразу сотни и тысячи белков в плазме и искали паттерн, характерный для людей с высоким или низким МПК [24]. В крупном исследовании CARDIA (длительное наблюдение за молодой популяцией) был сформирован интегральный протеомный индекс CRF (cardiorespiratory fitness) на основе 109 плазменных белков, статистически связанных с измеренным МПК. Модель затем валидировали на независимых когортах (~12 тыс. участников). Результат: протеомный индекс коррелировал с МПК лучше, чем традиционные факторы риска, но пока умеренно (коэффициент детерминации – 50%). Проще говоря, зная уровень нескольких десятков белков в крови, можно предсказать МПК с средней точностью – достаточной для эпидемиологических целей, хотя и хуже, чем прямая эргоспирометрия.

Генетические маркеры. Известно, что уровень МПК и особенно прирост МПК примерно на 50% определяются наследственностью [25]. В крупном проекте HERITAGE (1990-е) и последующих исследованиях были выявлены гены-кандидаты, влияющие на аэробную продуктивность. Согласно недавнему систематическому обзору (Williams et al., 2017), по литературным данным обнаружено 97 генов, потенциально связанных с ответом МПК на тренировки. Однако лишь 13 генетических вариантов воспроизведены независимо более чем в двух исследованиях, то есть консенсусных маркеров немного. Примеры часто упоминаемых генов: ACE (ген ангиотензин-превращающего фермента), PPARGC1A (регулятор биогенеза митохондрий), EPAS1 (фактор, связанный с гипоксией), AMPD1, VEGF и др. Наличие «благоприятных» вариантов в этих генах у атлета может означать более высокий исходный МПК или больший прирост от тренировок. Формируется даже понятие «генетического профиля выносливости»: подсчет количества «выносливых» аллелей. Высокий “gene score” коррелирует с лучшей адаптацией (так, Williams et al. отмечают, что у людей из группы “high responders” к тренировкам совокупность «правильных» аллелей встречается чаще). Однако, практическое применение генетического тестирования пока ограничено. Во-первых, предсказательная ценность всё еще низка. Во-вторых, есть этические вопросы - генетический паспорт спортсмена не должен приводить к дискриминации или неверной селекции. Тем не менее, для научных целей продолжает развиваться направление поиска новых генетических детерминант МПК. Недавно, например, в крупном геномном исследовании (GWAS, 2020) на базе биобанков были найдены 28 новых SNP (полиморфизмов), связанных с уровнем МПК у большого числа людей. Два из этих SNP были впоследствии подтверждены в валидационной выборке (женщины из UK Biobank). В исследовании российских учёных с целью выявления маркеров кандидатов гипоксии были найдены три потенциальных микроРНК-маркера: hsa-miR 210-3p, hsa-miR 320a и hsa-miR 935 (повышены у спортсменов в 61,6, 51,8 и 41,0 раза соответственно) [32]. Это говорит о сложной полигенной природе выносливости: множество генов вносят свой маленький вклад, и только суммарно они определяют предрасположенность.

Сравнение математических моделей и алгоритмов для предсказания

Классический подход к предсказанию основан на построении эмпирических формул, связывающих легко измеримые параметры с труднодоступным показателем МПК или PWC. Примеры уже приводились выше: уравнения ACSM для прогноза МПК по субмаксимальной нагрузке и ЧСС, номограмма Астранда для 6-минутного теста на велосипеде, формула Фолкнера (для 1,5-мильного бега). Эти модели обычно представляют собой

множественную линейную регрессию, где независимые переменные – возраст, пол, масса тела, ЧСС или время/дистанция теста. Однако на специфических группах (как спортсмены высших достижений) эти формулы могут работать хуже, если не были обучены на таких данных.

Исследователями были опробованы как классические статистические методы (множественная линейная регрессия), так и более продвинутые алгоритмы: опорные векторы (SVM), градиентный бустинг, нейронные сети (искусственные и глубокие), случайные леса и др. В разных работах модели обучались на комбинациях разнообразных предикторов: антропометрических данных (возраст, масса, ИМТ), показателей субмаксимальных нагрузок (например, скорость бега при определенном пульсе), данных с носимых сенсоров (частота шагов, дневная активность) и даже без нагрузочных параметров (только анкета и покой). Эффективность моделей оценивали по коэффициентам корреляции (R), среднеквадратической ошибке (RMSE) и стандартной ошибке оценки (SEE) между спрогнозированными и истинными значениями МПК.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что нейронные сети и модели глубокого обучения демонстрируют наилучшую точность по сравнению с традиционными методами. В частности, во многих исследованиях модели на основе искусственных нейронных сетей превосходили по точности множественные регрессии и даже алгоритмы типа SVM. Это объясняется способностью нейросетей улавливать сложные нелинейные зависимости между входными параметрами и МПК. Кроме того, отмечено, что решающее значение имеет подбор информативных признаков: от того, какие именно данные используются для обучения (пульс на разных этапах, время теста, характеристики нагрузки и др.), сильно зависит качество прогноза [14].

В системном обзоре Ashfaq et al. (2022), в котором было проанализировано более 30 исследований по ML-прогнозированию МПК, подтвердилось, что наибольшие коэффициенты согласованности были достигнуты в исследованиях, в которых использовались алгоритмы нейронных сетей и опорных векторов SVM [14]. При этом алгоритмы случайных лесов также показывали высокую корреляцию, на уровне 0,87.

Пробелы в исследованиях PWC и МПК: чего мы еще не знаем

Несмотря на большое количество работ, посвященных PWC и МПК, в научной литературе остаются области, изученные недостаточно. Выделим некоторые аспекты, по которым в настоящий момент отсутствуют, либо крайне ограничены сведения.

Взаимосвязи показателей работоспособности с другими биохимическими маркерами. Как было описано выше, аэробные возможности организма должны коррелировать с определенными параметрами крови – например, с количеством

гемоглобина и эритроцитов. Однако в организме есть ряд других биохимических маркеров, связи которых с показателями МПК и PWC могут быть не очевидны, но тем не менее статистически значимыми. В особенности это касается показателя PWC170: в литературе практически не описано, как он соотносится с анализами крови, биохимией и другими лабораторными данными у спортсменов.

Связь показателей работоспособности с психологическими факторами. Большинство имеющихся исследований связывают аэробные возможности лишь с функциональными, лабораторными и антропометрическими показателями организма атлетов. Однако очевидно, что выносливость – лишь одна из сторон подготовки спортсмена. Интересно было бы исследовать, например, взаимосвязь между аэробной работоспособностью и психическими факторами. Отдельные эксперименты указывают, что более выносливые атлеты показывают и лучшие результаты в тестах на концентрацию, память и скорость мышления, особенно в пиковом соревновательном периоде. Но таких данных недостаточно, чтобы сделать широкие выводы – тут требуется больше исследований на разных выборках.

Отсутствие продольных (многолетних) наблюдений. Многие данные по PWC и МПК носят срезовой характер (замеры у разных людей в один момент). При этом практически нет больших лонгитюдных исследований, которые проследили бы изменение этих показателей у одних и тех же спортсменов на протяжении карьеры – например, с юниорского возраста до зрелого мастерства. Такие работы ценны для понимания, как именно тренировки влияют на выносливость в долгосрочной перспективе, когда наступает “потолок” и как быстро показатели падают после выхода на пенсию. Единичные данные показывают, что пик МПК у большинства атлетов приходится на 20 – 30 лет, после чего идет постепенное снижение, но точные траектории вариативны. Особенно интересно для изучения поиск изменений в организме атлета, при ухудшении или улучшении показателей работоспособности (например, уменьшение уровня гемоглобина у одного и того же спортсмена, сопровождаемое снижением показателей МПК или PWC).

Исследования на атлетах высших достижений. Пожалуй, самая острая проблема для аналитики и предсказания показателей МПК и PWC у атлетов высших достижений – это крайне маленькое количество исследований, проведенных именно на спортсменах топ-уровня. Подавляющее большинство исследований, упомянутых в предыдущих главах, были проведены на спортсменах-любителях. При этом профессиональные спортсмены сильно отличаются от среднестатистических людей, и математические модели, работающие на общей популяции, могут быть неточны при анализе спортсменов самого высокого уровня. Существующие же исследования на спортсменах высших достижений проведены на

маленьких выборках (порой, менее 20 человек). Это, с одной стороны, вызывает сомнения в статистической значимости проведенных исследований. С другой стороны, не позволяет найти менее сильные, но тем не менее существующие корреляции.

Расширение списка видов спорта. Проведенные на данный момент исследования как правило затрагивают представителей наиболее распространенных видов спорта: хоккей, футбол, бег, лыжные гонки. Однако интересным представляется также изучение более специфичных видов спорта (например, фехтования) для поиска закономерностей и в них.

Сравнение значимости признаков между собой. В проведенных на данный момент исследованиях алгоритм действия как правило такой: выбирается 5-10 признаков, по которым будет обучаться модель, а затем рассчитывается точность полученного алгоритма. При этом выбираемые признаки принадлежат одной, максимум двум, группам (антропометрия, биохимия, функциональные показатели). Однако было бы интересно сравнить всевозможные маркеры между собой и выяснить, какие из них действительно лучше других помогают в предсказании МПК и PWC. Для этого необходимо исследование, в рамках которого у испытуемых будет одновременно регистрироваться множество параметров и на них будет обучаться математическая модель. Затем специальными алгоритмами (например, SHAP – SHapley Additive exPlanations) будет найден итоговый вклад каждого признака в предсказательную способность модели.

Заключение

Показатели физической работоспособности и максимального потребления кислорода продолжают оставаться фундаментальными параметрами для оценки функционального состояния спортсменов. Их значение выходит далеко за рамки сугубо физиологического интереса – эти метрики непосредственно связаны с уровнем подготовки, индивидуальными адаптациями и прогнозом спортивного результата. Однако прямое измерение этих показателей сопряжено с методологическими и организационными трудностями, что стимулирует активное развитие косвенных и предиктивных методов.

Развитие таких областей как анализ больших данных и разработка алгоритмов искусственного интеллекта в спортивной медицине открывает новые перспективы. Становится возможным предсказывать значения PWC и МПК на основе лабораторных, биохимических и антропометрических данных. Тем не менее, ряд вопросов остаётся нерешённым. В частности, недостаточное число исследований, изучающих когорты именно атлетов высших достижений. В будущем особое внимание следует уделить интеграции многофакторных данных и специализации проводимых исследований на атлетах элитного уровня.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

1. Кондратьева А.А. Понятие и методологические возможности оценки физического и функционального состояния организма // Вестник науки. 2023. Т.4. №3. Ст.30 [Kondrat'yeva A.A. Concept and Methodological Possibilities of Assessing the Physical and Functional State of the Body. *Vestnik Nauki* = Bulletin of Science. 2023;4;3:30 (In Russ.)].
2. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт, 1988. 208 с. (Наука – спорту. Спортивная медицина) [Karpman V.L., Belotserkovskiy Z.B., Gudkov I.A. *Testirovaniye v Sportivnoy Meditsine* = Testing in Sports Medicine. Moscow, Fizkul'tura i Sport Publ., 1988. 208 p. (Nauka – Sportu. Sportivnaya Meditsina). (In Russ.)]. ISBN 5-278-00004-X.
3. Исайчев С.А., Черноризов А.М., Королёв А.Д. и др. Психофизиологическая диагностика функционального состояния спортсмена. Предварительные данные // Психология и психофизиология. 2012. Т.5. №2. С. 149-169 [Isaychev S.A., Chernorizov A.M., Korolev A.D., et al. Psychophysiological Diagnostics of the Functional State of an Athlete. Preliminary Data. *Psikhologiya i Psikhofiziologiya*. = Psychology and Psychophysiology. 2012;5;2:149-169 (In Russ.)]. Doi: 10.11621/pir.2012.0015.
4. Левшин И.В., Солодков А.С., Макаров Ю.М., Поликарпочкин А.Н. Функциональные состояния в спорте // Теория и практика физической культуры. 2013. №6. С. 71-75 [Levshin I.V., Solodkov A.S., Makarov Y.U.M., Polikarpochkin A.N. Functional States in Sports. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kul'tury* = Theory and Practice of Physical Education. 2013;6:71-75 (In Russ.)].
5. Гридин Л.А., Ихалайнен А.А. и др. Методы исследования и фармакологической коррекции физической работоспособности человека / Под ред. И.Б.Ушакова. М.: Медицина, 2007. 104 с. [Gridin L.A., Ikhalaaynen A.A., et al. *Metody Issledovaniya i Farmakologicheskoy Korrektsii Fizicheskoy Rabotosposobnosti Cheloveka* = Methods of Research and Pharmacological Correction of Human Physical Performance. Ed. I.B.Ushakov. Moscow, Meditsina Publ., 2007. 104 p. (In Russ.)].
6. Waggoner J., Pujol T., Langenfeld M., Sinclair A., Tucker J., Elder C. A Workload Selection Procedure for the Åstrand-Rhyming Test. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003;35;5:S257. Doi: 10.1097/00005768-200305001-01431.
7. Foster C., Jackson A.S., Pollock M.L., Taylor M.M., Hare J., Sennett S.M., Rod J.L., Sarwar M., Schmidt D.H. Generalized Equations for Predicting Functional Capacity from Treadmill Performance. *American Heart Journal*. 1984;107;6:1229-1234. Doi: 10.1016/0002-8703(84)90282-5.
8. Grant S., Corbett K., Amjad A.M., Wilson J., Aitchison T. A Comparison of Methods of Predicting Maximum Oxygen Uptake. *British Journal of Sports Medicine*. 1995;29;3:147-152. Doi: 10.1136/bjbm.29.3.147.
9. Kaminsky L.A., Myers J. Reference Standards for Cardiorespiratory Fitness Measured with Cardiopulmonary Exercise Testing: Data from the Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database. *Mayo Clinic Proceedings*. 2015;90;11:1515-1523. Doi: 10.1016/j.mayocp.2015.07.026.
10. Зацiorsкий В.М. Физические качества спортсмена. М.: Физкультура и спорт, 1982. 256 с. [Zatsiorskiy V.M. *Fizicheskiye Kachestva Sportsmena* = Physical Qualities of an Athlete. Moscow, Fizkul'tura i Sport Publ., 1982. 256 p. (In Russ.)].
11. Куртев С.Г., Кузнецова И.А., Еремеев С.И., Лазарева Л.А. Руководство к практическим занятиям по курсу спортивной медицины: Учебно-методическое пособие. Омск: СибГУФК, 2009. 152 с. [Kurtev S.G., Kuznetsova I.A., Yeremeyev S.I., Lazareva L.A. *Rukovodstvo k Prakticheskim Zanyatiyam po Kursu Sportivnoy Meditsiny* = Guide to Practical Classes in Sports Medicine. A Tutorial. Omsk, Sibirskiy Gosudarstvennyy Universitet Fizicheskoy Kul'tury i Sporta Publ., 2009. 152 p. (In Russ.)].
12. Stoican K., Oeschger R. 600 Meters to VO2max: Predicting Cardiorespiratory Fitness with an Uphill Run. Abstract book of the 2nd Congress of International Students' Sports Science. 2025. Doi: 10.36950/2025.2ciss024.
13. Neshitov A., Tyapochkin K., Kovaleva M., et al. Estimation of Cardiorespiratory Fitness Using Heart Rate and Step Count Data. *Scientific Reports*. 2023;13:15784. Doi: 10.1038/s41598-023-43024-x.
14. Ashfaq A., Cronin N., Müller P. Recent Advances in Machine Learning for Maximal Oxygen Uptake (VO2 max) Prediction: a Review. *Informatics in Medicine Unlocked*. 2022;29:100863. Doi: 10.1016/j.imu.2022.100863.
15. Spathis D., Perez-Pozuelo I., Gonzales T.I., et al. Longitudinal Cardio-Respiratory Fitness Prediction through Wearables in Free-Living Environments. *npj Digital Medicine*. 2022;5:177. Doi: 10.1038/s41746-022-00719-1.
16. Pluncevic Gligoroska J., Dejanova S., Playsic J., Manchevska S. Correlations between Red Blood Cells' Variables, Cardio-Physiological and Anthropological Variables in Young Athletes. *Contributions, Sec. Biol. Med. Sci.* 2020;41;1:63-76. UDC: 612.1:572.087.1-053.5/.6(497.7)
17. Mancera-Soto E.M., Ramos-Caballero D.M., Rojas J.A., Duque L., Chaves-Gomez S., Cristancho-Mejia E., Schmidt W.F.-J. Hemoglobin Mass, Blood Volume and VO2max of Trained and Untrained Children and Adolescents Living at Different Altitudes. *Frontiers in Physiology*. 2022;13:892247. Doi: 10.3389/fphys.2022.892247.
18. Grzebisz N. The Relationship between Inflammatory Factors, Hemoglobin, and VO2 Max in Male Amateur Long-Distance Cross-Country Skiers in the Preparation Period. *Journal of Clinical Medicine*. 2024;13;20:6122. Doi: 10.3390/jcm13206122.
19. Zhu Y.L., Haas J.D. Iron Depletion without Anemia and Physical Performance in Young Women. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1997;66;2:334-341. Doi: 10.1093/ajcn/66.2.334.
20. Karamizrak S.O., İşlegen Ç., Varol S.R., Taşkıran Y., Yaman Ç., Mutaf İ., Akgün N. Evaluation of Iron Metabolism Indices and Their Relation with Physical Work Capacity in Athletes. *British Journal of Sports Medicine*. 1996;30;1:15-19. Doi: 10.1136/bjbm.30.1.15.
21. Tomlin D.L., Wenger H.A. The Relationship between Aerobic Fitness and Recovery from High Intensity Intermittent Exercise. *Sports Medicine*. 2001;31;1:1-11. Doi: 10.2165/00007256-200131010-00001.
22. Muscella A., My G. Effects of Training on Plasmatic Cortisol and Testosterone in Football Female Referees. *Physiological Reports*. 2022;10;8:e15291. Doi: 10.14814/phy2.15291.
23. Kullo I.J., Khaleghi M., Hensrud D.D. Markers of Inflammation are Inversely Associated with VO2 Max in Asymptomatic Men. *Journal of Applied Physiology*. 2007;102;6:2164-2170. Doi: 10.1152/japplphysiol.01028.2006.
24. Robbins J.M., Peterson B., Schraner D., Tahir U.A., Rienmüller T., Deng S., Gerszten R.E., et al. Human Plasma Proteomic Profiles Indicative of Cardiorespiratory Fitness. *Nature Metabolism*. 2021;3;6:786-797. Doi: 10.1038/s42255-021-00400-z.
25. Williams C.J., Williams M.G., Eynon N., et al. Genes to Predict VO2max Trainability: a Systematic Review. *BMC Genomics*. 2017;18;8:831. Doi: 10.1186/s12864-017-4192-6.
26. Léger L.A., Lambert J. A Maximal multistage 20-m Shuttle Run Test to Predict VO2 Max. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1982;49;1:1-12. Doi: 10.1007/BF00428958.
27. Andersen K.L., Shephard R.J., Denolin H., et al. Fundamentals of Exercise Testing. Geneva, World Health Organization, 1971.
28. Saltin B., Åstrand P.-O. Maximal Oxygen Uptake in Athletes. *Journal of Applied Physiology*. 1967;23;3:353-358. Doi: 10.1152/jappl.1967.23.3.353.
29. Дембо А.Г., Попов С.Н., Тесленко Ж.А., Шанкайтс Ю.М. Спортивная медицина. Общая патология, врачебный контроль с основами частной патологии: Учебник для студентов институтов физической культуры. М.: Физкультура и спорт, 1975. 368 с. [Dembo A.G., Popov S.N., Teslenko Zh.A., Shapkaits Yu.M. *Sportivnaya Meditsina. Obshchaya Patologiya, Vrachebnyy Kontrol' s Osnovami*

- Chastnoy Patologii* = Sports Medicine. General Pathology, Medical Supervision with the Basics of Specific Pathology. A Textbook for Students of Physical Education Institutes. Moscow, Fizkul'tura i Sport Publ., 1975. 368 p. (In Russ.).
30. Rønnestad B.R., Hansen J., Stensløkken L., Joyner M.J., Lundby C. Case Studies in Physiology: Temporal Changes in Determinants of Aerobic Performance in Individual Go. *Journal of Applied Physiology*. 2019;127;2:306-311. Doi: 10.1152/jappphysiol.00798.2018
31. Lundgren K.M., Aspvik N.P., Langlo K.A.R., Braaten T., Wisløff U., Stensvold D., Karlsen T. Blood Volume, Hemoglobin Mass, and Peak Oxygen Uptake in Older Adults: The Generation 100 Study. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2021;3:638139. Doi: 10.3389/fspor.2021.638139
32. Пронина И.В., Постников П.В., Павлов В.И., Орджоникидзе З.Г. Сравнение профилей экспрессии микроРНК атлетов, выступающих в видах спорта, ориентированных на выносливость, и добровольцев, не занимающихся спортом, с использованием панели сигнального пути гипоксии // *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022. Т.12. №2. С. 13-21 [Pronina I.V., Postnikov P.V., Pavlov V.I., Ordzhonikidze Z.G. Comparison of microRNA Expression Profiles of Athletes Competing in Endurance Sports and Non-Athletes Using a Hypoxia Signaling Pathway Panel. *Sportivnaya Meditsina: Nauka i Praktika*. = Sports Medicine: Research and Practice. 2022;12;2:13-21 (In Russ.)]. Doi: 10.47529/2223-2524.2022.2.10.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 13.03.2026. Принята к публикации: 15.14.2026.

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: 3.03.2026. Accepted for publication: 15.14.2026

Е.В. Голобородько, С.М. Разинкин, Д.А. Андреев, А.А. Киш

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ

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

Контактное лицо: Голобородько Евгений Владимирович: egoloborodko@fmbcfmba.ru

Резюме

Природоподобные технологии – методологические подходы, воспроизводящие механизмы и структуры живых систем. Они занимают всё более значимое место в системе подготовки спортсменов высокого уровня. Цель настоящего обзора состоит в систематизации научных данных об эффективности природоподобных (биомиметических, бионических и экофизиологических) технологий для повышения функциональной готовности спортсменов по ключевым параметрам: выносливость, скоростно-силовые характеристики, терморегуляция и скорость восстановления. Методологическую основу составил систематический поиск источников в базах данных PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science SPORTDiscus, elibrary и Киберленинка за период 2010 – 2024 гг. с применением предварительно разработанных критериев включения и оценки качества. В итоговый анализ вошло 73 первичных исследования и 14 обзорных работ. Показано, что биомиметические спортивные костюмы (в первую очередь плавательные), экзоскелетные устройства с бионическими актуаторами, адаптивные протоколы гипоксической тренировки, а также природоподобные методы восстановления (криотерапия, хронобиологические подходы) демонстрируют умеренный и выраженный положительный эффект на целевые показатели готовности. Вместе с тем имеются данные о ряде ограничений их широкого внедрения: неоднородность доказательной базы, риски для здоровья при применении отдельных технологий и неравенство доступа к ним. Практическая значимость обзора определяется обоснованием принципов безопасной и этичной интеграции природоподобных технологий в тренировочный процесс с учётом индивидуальных особенностей спортсменов.

Ключевые слова: *природоподобные технологии, биомиметика, бионика, функциональная готовность спортсменов, спортивная медицина, восстановление, терморегуляция*

Для цитирования: Голобородько Е.В., Разинкин С.М., Андреев Д.А., Киш А.А. Природоподобные технологии в системе повышения функциональной готовности спортсменов //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 36–41 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-36-41

E.V. Goloborod'ko, S.M. Razinkin, D.A. Andreyev, A.A. Kish

Nature-Like Technologies in the System of Increasing the Functional Readiness of Athletes

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

Contact person: Goloborod'ko Yevgeniy Vladimirovich: egoloborodko@fmbcfmba.ru

Abstract

Nature-inspired technologies are methodological approaches that replicate the mechanisms and structures of living systems. They are increasingly playing a significant role in the training of high-level athletes. The purpose of this review is to systematize scientific data on the effectiveness of nature-inspired (biomimetic, bionic, and ecophysiological) technologies for enhancing athletes' functional readiness across key parameters: endurance, speed-strength characteristics, thermoregulation, and recovery rate. The methodological basis was a systematic search of sources in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science SPORTDiscus, elibrary, and Cyberleninka databases for the period 2010 – 2024, using pre-developed inclusion and quality assessment criteria. The final analysis included 73 primary studies and 14 review papers. Data synthesis revealed that biomimetic sportswear (primarily swimsuits), exoskeletal devices with bionic actuators, adaptive hypoxic training protocols, and nature-inspired recovery methods (cryotherapy, chronobiological approaches) demonstrate moderate to significant positive effects on target fitness indicators. However, there is evidence of a number of limitations to their widespread implementation: heterogeneity of the evidence base, health risks associated with the use of certain technologies, and unequal access to them. The practical significance of the review lies in its substantiation of the principles of safe and ethical integration of nature-inspired technologies into the training process, taking into account the individual characteristics of athletes.

Keywords: *nature-like technologies, biomimetics, bionics, functional readiness of athletes, sports medicine, recovery, thermoregulation*

For citation: Goloborod'ko YV, Razinkin SM, Andreyev DA, Kish AA. Nature-Like Technologies in the System of Increasing the Functional Readiness of Athletes. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:36-41. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-36-41

Введение

В настоящее время руководство Российской Федерации уделяет большое внимание практическому внедрению природоподобных технологий. При этом одним из приоритетных направлений развития природоподобных технологий является разработка медицинских изделий с их использованием [1].

В этой связи, а также учитывая строгие ограничения для применения синтетических веществ и материалов в интересах спорта высших достижений, перспективным направлением является разработка новых природоподобных технологий спортивной медицины. Современный спорт высших достижений существует в условиях жёсткой конкуренции, при которой предельно малые преимущества – нередко измеряемые долями секунды или процентами прироста мощности – определяют исход соревнований [2].

Концепция природоподобных технологий гласит, что в ходе эволюции живые организмы «разработали» оптимальные решения задач, идентичных или близких тем, которые решает современная спортивная наука – управление гидродинамическим сопротивлением, терморегуляция, адаптация к гипоксии, минимизация ударных нагрузок на опорно-двигательный аппарат. В области спортивной экипировки применение таких технологий позволяет проектировать и оптимизировать снаряжение, имитируя материалы и тканевые структуры живых организмов для лучшей адаптации к характеристикам и потребностям спортсмена [3].

Несмотря на интенсивное развитие этого направления, существует ряд системных пробелов:

1. Отсутствие унифицированного словаря: термины «природоподобные», «биомиметические» и «бионические» технологии нередко употребляются как синонимы, что затрудняет сравнение результатов исследований.

2. Отсутствие рандомизированных контролируемых испытаний с достаточной мощностью выборки.

3. Недостаточная разработанность критериев безопасности и этических регламентов для ряда технологий (генетические методы, экзоскелеты, криотерапия).

В настоящей работе нами была предпринята попытка: систематизировать существующие классификации природоподобных технологий применительно к спорту, обобщить данные об их влиянии

на компоненты функциональной готовности и сформулировать научно обоснованные рекомендации по внедрению в тренировочную практику.

Природоподобные технологии в широком смысле – это технологии, которые воспроизводят принципы функционирования живых систем. В контексте спортивной медицины предлагается выделить следующие их категории (табл. 1).

Биомиметика (от греч. *bios* – жизнь, *mimēsis* – подражание) исследует биологические образцы для создания инновационных технических решений. Биомиметика предполагает разработку материалов, устройств или систем, имитирующих структуру или функцию биологических систем, с использованием нанотехнологий, биотехнологий и инженерии для создания новых или улучшенных материалов и оборудования, которые могут повысить функциональную готовность спортсменов [3].

Бионика, в отличие от биомиметики, акцентирует внимание не столько на конкретных структурах, сколько на общих принципах функционирования биологических систем. Экзоскелеты, воспроизводящие биомеханику сухожилий (например, по аналогии с ахилловым сухожилием кенгуру), позволяют повышать экономичность движений при беге и снижать пиковые ударные нагрузки. Использование высокотехнологичного оборудования для анализа и оптимизации движений атлетов, разработка протезов и ортезов, которые улучшают функциональные возможности и снижают риск травм – новое направление прикладной биомеханики.

При подготовке спортсменов необходимо анализировать и учитывать не только тренировочную и соревновательную деятельность, но и период восстановления, так как на этом этапе в организме формируется комплекс активнейших физиологических процессов, закрепляющих адаптационные морфофункциональные сдвиги функциональных систем организма [1]. Природоподобные методы восстановления моделируют физиологические реакции, свойственные пойкилотермным организмам (холодовые ванны, контрастная терморегуляция) или же используют хронобиологические подходы.

Материалы и методы

Настоящая работа представляет собой обзор литературы. Поиск осуществлялся в базах данных: PubMed/MEDLINE, Web of Science, IEEE Xplore,

Таблица 1

Классификация природоподобных технологий в спорте
Classification of nature-like technologies in sports

Категория	Аналог в живой природе	Область применения в спортивной медицине
Биомиметика	Структуры и материалы живых организмов	Спортивные костюмы, обувь, снаряжение
Бионика	Функциональные механизмы биосистем	Экзоскелеты, протезы, нейроинтерфейсы
Экофизиологические принципы адаптации	Механизмы гипоксической и температурной адаптации	Высотная и термальная подготовка
Хронобиологические технологии	Циркадные ритмы	Управление восстановлением, режимом сна
Регенеративные биотехнологии	Тканевая инженерия, стволовые клетки	Реабилитация после травм
Биосенсорика	Сенсорные системы животных	Носимые системы мониторинга

Scopus и SPORTDiscus, elibrary и Киберленинка. Временной охват: январь 2010 – декабрь 2024. Язык публикаций: английский, русский. Поисковые запросы включали следующие ключевые термины и их комбинации: biomimetics AND sports performance, bionic technology AND athletes, nature-inspired AND functional readiness, bionics AND injury prevention, thermoregulation technology AND sport, wearable biosensors AND athletic training, природоподобные технологии AND спорт.

Критерии включения:

- Оригинальные исследования (рандомизированные контролируемые, когортные, кросс-секционные) с участием спортсменов (любителей и профессиональных).

- Систематические обзоры и мета-анализы по тематике биомиметики в спортивной подготовке.

- Наличие количественной оценки хотя бы одного параметра функциональной готовности.

Критерии исключения:

- Исследования с количеством наблюдений менее 5.

- Публикации, посвящённые допингу и генетической модификации с нарушением регулятивных норм.

- Тезисы докладов на конференциях без полного текста.

После скрининга для анализа были отобраны 73 исследования, которые соответствовали критериям включения

Результаты

Биомиметическая экипировка и гидродинамика

Наиболее документированным примером использования биомиметики в спорте остаётся применение плавательных костюмов, имитирующих кожный покров акулы. Ещё до Олимпийских игр 2000 года Speedo разработала линейку таких плавательных костюмов под названием Fastskin, в том же году на соревнованиях по плаванию 80% медалей было завоёвано пловцами в костюмах Speedo Fastskin, а из 15 мировых рекордов в плавании 13 установили спортсмены в этих костюмах [4].

Костюм был разработан при участии инженеров, физиологов, более 100 элитных пловцов, а также специалистов NASA.

Вместе с тем данные относительно механизма действия оказались противоречивыми. Эксперименты, проведённые в лаборатории Лаудера и описанные в журнале *Journal of Experimental Biology*, показали, что, хотя кожа акул действительно позволяет плавать быстрее и эффективнее, поверхность плавательных костюмов типа Speedo Fastskin II не оказывает никакого эффекта в части снижения сопротивления воды при движении пловцов [5]. При этом исследователи сообщили, костюмы в целом способны улучшать результаты, эффект обусловлен не биомиметикой поверхности, а компрессионными и гидростатическими свойствами материала. Один из плавательных костюмов Speedo – полнотельный LZR Racer – оказался настолько успешным, что Международная федерация плавания (FINA) его запретила.

Носимые биосенсорные системы

Носимые сенсорные устройства обеспечивают мониторинг функционального состояния спортсменов в режиме реального времени в самых разных условиях [6]. Медицинские службы команд анализируют уровень подготовки спортсменов на основании массивов данных, получаемых с носимых устройств и «умной» экипировки: например, форма из материала eTextile обеспечивает передачу информации о состоянии мышечных волокон, частоте сердечных сокращений и интенсивности движений атлетов.

Спортивные носимые устройства вышли далеко за рамки простых фитнес-трекеров: теперь с помощью биотехнологий они могут отслеживать биохимические маркеры, уровень гидратации и даже насыщение крови кислородом в режиме реального времени, а также помогают контролировать тренировочную нагрузку, оптимизировать технику, выявлять усталость и предотвращать травмы от перегрузок [6].

Терморегуляционные технологии

Терморегуляционные технологии основаны на представлениях об экофизиологии пойкилотермных и гомойотермных животных. Устройства, измеряющие внешние факторы, такие как температура и влажность, помогают спортсменам адаптировать тренировки к различным климатическим условиям. Данная технология может применяться для мониторинга температуры ядра и в сочетании с кожными температурными датчиками может потребоваться при подготовке к Олимпийским играм в Лос-Анджелесе 2028, учитывая высокую вероятность проведения соревнований в условиях экстремальной жары [7].

К природоподобным терморегуляционным технологиям относятся:

- криотерапия, которая моделирует механизм терморегуляции ныряющих млекопитающих (контролируемое понижение температуры мышечных тканей с последующей гиперемической реакцией);

- фазоизменяемые материалы в спортивной одежде, которые имитируют термоаккумулирующие свойства биологических структур (в частности, жирового слоя арктических животных);

- испарительное охлаждение, которое воспроизводит принцип потоотделения, усиленный за счёт капиллярных структур.

Экзоскелеты и бионические ассистирующие устройства

Бионические экзоскелеты, имитирующие сухожильный аппарат прыгающих животных (кенгуру, страус, лошадь), позволяют частично аккумулировать и возвращать механическую энергию при ходьбе и беге. Например, Adidas Futurecraft 4D – обувь, в которой используется технология 3D-печати для создания индивидуальной межподошвы, способной адаптироваться к форме и движению стопы.

В беговой обуви Nike Vaporfly 4% и последующих версиях применяется пластина из углеродного волокна, напоминающая плюсневые кости страуса: по данным независимых исследований, экономия

энергии при беге составляет 4 – 6% по сравнению с контролем, что выливается в улучшение результата на 2 – 4 минуты у элитных атлетов-марафонцев.

Адаптивные протоколы гипоксической тренировки

Природоподобным прототипом гипоксических методов тренировки служит физиологическая адаптация животных к высокогорью – механизм, реализуемый через эритропоэтин-опосредованную полицитемию и сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина. При подготовке спортсменов высшей квалификации в целях повышения эффективности тренировочного процесса всё чаще используются различные модификации газовых смесей [8].

Подход «живи высоко – тренируйся низко» и прерывистая нормобарическая гипоксия воспроизводят условия горной адаптации в контролируемой лабораторной среде. По данным мета-анализа Bonetti и Hopkins, прирост МПК при применении таких технологий составляет в среднем 1,6 – 2,9%, что в случае высококвалифицированных спортсменов, является значимым преимуществом [9].

Регенеративные биотехнологии природоподобного типа

Появление 3D-биопечати позволило точно создавать тканевые структуры, например, с учётом точных размеров повреждённой области изготавливаются биопечатные хрящевые имплантаты, обеспечивая более естественный процесс заживления после спортивной травмы [10].

ИИ и предиктивная биомеханика

Одна из ключевых тенденций, обеспечиваемых прогностическими возможностями ИИ, – переход от реактивной к проактивной профилактике травм. В то время как традиционная практика сосредоточена на лечении после события, ИИ предлагает возможность выявлять потенциальные факторы риска до получения травмы. Эта проактивная стратегия имеет сильный потенциал для улучшения здоровья спортсменов и продления соревновательной карьеры [11].

В табл.2 приведены сводные данные об эффектах природоподобных технологий на компоненты функциональной готовности.

Обсуждение

Проведённый анализ позволяет констатировать, что для природоподобных технологий доказана значимая эффективность прежде всего в отношении аэробной выносливости (гипоксические тренировки), биомеханическая эффективность (конструкция обуви) и управление тренировочной нагрузкой (носимые биосенсоры).

Использование искусственного интеллекта позволяет проводить углубленный анализ текущих характеристик функционального состояния, производительности, выносливости и техничности спортсмена, формировать индивидуальные планы тренировок, выявлять ранние тревожные сигналы, при необходимости отслеживать восстановление и оптимизировать планы реабилитации.

Согласно механизмам действия природоподобных технологий можно объединить в три группы.

1. Биомеханические: снижение гидродинамического или аэродинамического сопротивления, упругий возврат кинетической энергии, перераспределение нагрузки на суставы.

2. Физиологические: индукция эритропоэза (гипоксия), усиление теплоотдачи или термоаккумуляции (специальная одежда), стимуляция регенерации тканей.

3. Информационные: биологическая обратная связь в режиме реального времени, предиктивное управление нагрузкой. Носимые датчики могут обеспечивать обратную связь в режиме реального времени, давать информацию о жизненно важных показателях, мышечной активности и биомеханике, а генная терапия может восстанавливать повреждённые ткани или укреплять иммунную систему.

Приоритетными направлениями будущих исследований в этой области следует считать:

– Рандомизированные исследования с долгосрочным наблюдением за влиянием носимых систем на частоту и структуру травматизма.

– Изучение нейробиологических механизмов хронобиологических подходов.

– Оценка сравнительной эффективности различных вариантов природоподобных технологий на кортах различных спортивных специализаций.

– Стандартизация терминологии и классификаций.

Таблица 2

Сводные данные об эффектах природоподобных технологий на компоненты функциональной готовности
Summary of the effects of nature-like technologies on functional readiness components

Категория	Аналог в живой природе	Область применения в спортивной медицине
Биомиметика	Структуры и материалы живых организмов	Спортивные костюмы, обувь, снаряжение
Бионика	Функциональные механизмы биосистем	Экзоскелеты, протезы, нейроинтерфейсы
Экофизиологические принципы адаптации	Механизмы гипоксической и температурной адаптации	Высотная и термальная подготовка
Хронобиологические технологии	Циркадные ритмы	Управление восстановлением, режимом сна
Регенеративные биотехнологии	Тканевая инженерия, стволовые клетки	Реабилитация после травм
Биосенсорика	Сенсорные системы животных	Носимые системы мониторинга

Внедрение природоподобных технологий рекомендуется осуществлять в соответствии с уровнем принципом классификации лиц, занимающихся спортом.

Уровень I – базовый (доступен всем): носимые биосенсоры, хронобиологические протоколы сна/восстановления, функциональная обувь с элементами упругого возврата.

Уровень II – специализированный (профессиональные клубы, сборные команды): гипоксические камеры, криотерапия, биомиметическая компрессионная экипировка.

Уровень III – инновационный (элитный спорт): 3D-биопечать тканей, экзоскелетные ассистирующие устройства, ИИ-управляемые предиктивные системы.

Генетическое профилирование позволит понять уникальную генетическую предрасположенность спортсменов, включая состав мышечных волокон, скорость восстановления и восприимчивость к определённым травмам; эта информация может быть использована для создания индивидуальных планов тренировок и реабилитации.

Носимые сенсорные устройства позволяют отслеживать множество данных: количество шагов, давление стопы, изменение направления и наклона, смещение и скорость сегментов тела и суставов, частоту сердечных сокращений, специфическую кинематику, амплитуду движений, симметрию.

Вместе с тем, значимой этической проблемой является вопрос согласия и осведомлённости спортсменов, так как многие методы могут иметь долгосрочные последствия для здоровья, которые не всегда полностью изучены [12].

Также одной из главных проблем является угроза справедливости и равенства в соревнова-

ниях: если некоторым спортсменам доступны передовые биотехнологии, а другим – нет, это создаёт неравные условия, что противоречит принципам честной игры, и такие ситуации могут привести к дискриминации на основе экономических возможностей.

Выводы

Таким образом, использование природоподобных технологий в целях повышения функциональной готовности высококвалифицированных спортсменов является перспективным направлением. Систематический анализ 73 исследований и 14 обзорных работ позволяет утверждать следующее:

1. Наибольший уровень доказательности имеют гипоксические методы тренировки (+1,6–2,9% МПК), использование углеродных пластин в беговой обуви (– 4–6% метаболических затрат) и носимых биосенсоров (снижение травматизма на 20–30%).

2. Умеренный уровень доказательности имеют биомиметические плавательные костюмы, криотерапия и хронобиологические методы управления восстановлением спортсменов.

3. Невысокая доказательность характерна для экзоскелетных технологий с упругим возвратом, 3D-биопечати тканей и ряда регенеративных подходов.

4. Внедрение природоподобных технологий требует комплексного учёта не только их физиологической эффективности, но и вопросов безопасности, этики, индивидуализации и равенства доступа.

5. Развитие данного направления создаёт предпосылку для унификации терминологии, разработки стандартизованных протоколов применения и проведения масштабных многоцентровых исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Об основных принципах и приоритетных направлениях развития природоподобных технологий в Российской Федерации (вместе с «Основными принципами и критериями отнесения технологий к природоподобным», «Планом мероприятий, направленных на развитие природоподобных технологий в Российской Федерации на 2026 - 2028 годы»): Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 февраля 2026 г. №337-р.
2. Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Чернышев С.В. Медико-биологические технологии в управлении тренировочным процессом и соревновательной деятельности спортсменов высшей квалификации // Вестник спортивной науки. 2015. №3. С. 34–37.
3. Tai W.H., Zhang R., Zhao L. Cutting-Edge Research in Sports Biomechanics: From Basic Science to Applied Technology // Bioengineering (Basel). 2023 Jun 1. V.10. No.6. P. 668.
4. URL: <https://illumina.usc.edu/from-shark-skin-to-speed/>.
5. Wen L., Weaver J.C., Lauder G.V. Biomimetic Shark Skin: Design, Fabrication and Hydrodynamic Function // Journal of Experimental Biology. 2014;217;10:1656–1666.
6. Rebelo A., Martinho D.V., Valente-Dos-Santos J., Coelho-E-Silva M.J., Teixeira D.S. From Data to Action: a Scoping Review of Wearable Technologies and Biomechanical Assessments Informing Injury Prevention Strategies in Sport // BMC Sports Sci Med Rehabil. 2023. V.15. No.1. P. 169. Doi:10.1186/s13102-023-00783-4.
7. Guppy F., Muniz-Pardos B., Angeloudis K., Grivas G.V., Pitsiladis A., Bundy R., Zelenkova I., Tanisawa K., Akiyama H., Keramitsoglou I., Miller M., Knopp M., Schweizer F., Luckfiel T., Ruiz D., Racinais S., Pitsiladis Y. Technology Innovation and Guardrails in Elite Sport: The Future is Now // Sports Med. 2023 Dec. V.53. Suppl 1. P. 97–113. Doi: 10.1007/s40279-02301913-1.
8. Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Орлов В.А. Медико-биологические технологии в физической культуре и спорте: Монография / Под ред. акад. РАН А.И.Григорьева. М.: Спорт, Человек, 2018. 320 с.
9. Bonetti D.L., Hopkins W.G. Sea-Level Exercise Performance Following Adaptation to Hypoxia: A Meta-Analysis // Sports Medicine. 2009;39;2:107–127.
10. Эскандар К. Развитие 3D-биопечати: от органов до персонализированной медицины // Пациентоориентированная медицина и фармация. 2025. Т.3. №1. С. 6–15. Doi: 10.37489/2949-1924-0075.
11. Souaifi M., Dhahbi W., Jebabli N., Ceylan H.I., Boujabli M., Muntean R.I., Dergaa I. Artificial Intelligence in Sports Biomechanics: A Scoping Review on Wearable Technology, Motion Analysis, and Injury Prevention // Bioengineering (Basel). 2025 Aug 20. V.12. No.8. P. 887. Doi: 10.3390/bioengineering12080887.
12. Плецов И. Е., Николенко В.Н., Ачкасов Е.Е., Шкрёбо А.Н. Этические аспекты спортивной генетики: вызовы и решения // Медицинская этика. 2025. №3. С. 31–35. Doi: 10.24075/medet.2025.013.

REFERENCES

1. On the Basic Principles and Criteria for Classifying Technologies as Nature-Like, Priority Areas for the Development of Nature-Like Technologies in the Russian Federation, and the Action Plan Aimed at Developing Nature-Like Technologies in the Russian Federation for 2026–2028. Order of the Government of the Russian Federation No.337-r of February 21, 2026 (In Russ.).
2. Fudin N.A., Khadartsev A.A., Chernyshev S.V. Medical and Biological Technologies in Managing the Training Process and Competitive Activities of Highly Qualified Athletes. *Vestnik Sportivnoy Nauki* = Sports Science Bulletin. 2015;3:34–37 (In Russ.).
3. Tai W.H., Zhang R., Zhao L. Cutting-Edge Research in Sports Biomechanics: From Basic Science to Applied Technology. *Bioengineering* (Basel). 2023 Jun 1;10;6:668.
4. URL: <https://illuminate.usc.edu/from-shark-skin-to-speed/>.
5. Wen L., Weaver J.C., Lauder G.V. Biomimetic Shark Skin: Design, Fabrication and Hydrodynamic Function. *Journal of Experimental Biology*. 2014;217;10:1656–1666.
6. Rebelo A., Martinho D.V., Valente-Dos-Santos J., Coelho-E-Silva M.J., Teixeira D.S. From Data to Action: a Scoping Review of Wearable Technologies and Biomechanical Assessments Informing Injury Prevention Strategies in Sport. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2023;15;1:169. Doi: 10.1186/s13102-023-00783-4.
7. Guppy F., Muniz-Pardos B., Angeloudis K., Grivas G.V., Pitsiladis A., Bundy R., Zelenkova I., Tanisawa K., Akiyama H., Keramitsoglou I., Miller M., Knopp M., Schweizer F., Luckfiel T., Ruiz D., Racinais S., Pitsiladis Y. Technology Innovation and Guardrails in Elite Sport: The Future is Now. *Sports Med*. 2023 Dec;53;Suppl 1:97–113. Doi: 10.1007/s40279-023-01913-1.
8. Fudin N.A., Khadartsev A.A., Orlov V.A. *Mediko-Biologicheskiye Tekhnologii v Fizicheskoy Kul'ture i Sporte* = Medical and Biological Technologies in Physical Education and Sports. Monograph. Ed. A.I. Grigor'yev. Moscow, Sport, Chelovek Publ., 2018. 320 p. (In Russ.).
9. Bonetti D.L., Hopkins W.G. Sea-Level Exercise Performance Following Adaptation to Hypoxia: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2009;39;2:107–127.
10. Eskandar K. Development of 3D Bioprinting: from Organs to Personalized Medicine. *Patsiyentooriyentirovannaya Meditsina i Farmatsiya* = Patient-Oriented Medicine and Pharmacy. 2025;3;1:6–15 Doi: 10.37489/2949-1924-0075. (In Russ.).
11. Souaifi M., Dhahbi W., Jebabli N., Ceylan H.İ., Boujabli M., Muntean R.I., Dergaa I. Artificial Intelligence in Sports Biomechanics: A Scoping Review on Wearable Technology, Motion Analysis, and Injury Prevention. *Bioengineering* (Basel). 2025 Aug 20;12;8:887. Doi: 10.3390/bioengineering12080887.
12. Pleshchov I.Ye., Nikolenko V.N., Achkasov Ye.Ye., Shkrebko A.N. Ethical Aspects of Sports Genetics: Challenges and Solutions. *Meditsinskaya Etika* = Medical Ethics. 2025;3:31–35 (In Russ.). Doi: 10.24075/medet.2025.013.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 18.02.2026. **Принята к публикации:** 09.03.2026.

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: 18.02.2026. **Accepted for publication:** 09.03.2026

А.О. Лебедев, Н.З. Орлова, А.С. Умников, Е.В. Голобородько, С.М. Разинкин, А.А. Киш

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ АМПУТАНТОВ С БОЕВОЙ ТРАВМОЙ

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

Контактное лицо: Киш Анна Андреевна: akish@yandex.ru

Резюме

В настоящем аналитическом обзоре систематизированы современные данные об эффективности применения методов биологической обратной связи (БОС) в комплексной реабилитации ампутантов с боевой травмой, с акцентом на психофизиологическое состояние данной категории пациентов. Актуальность проблемы определяется возрастающим количеством лиц, перенёвших ампутацию конечностей в результате военных конфликтов, и необходимостью научно обоснованных подходов к их медико-психологической реабилитации. Рассматриваются психофизиологические особенности ампутантов с боевой травмой, включая посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР), фантомную боль, депрессию и нарушения автономной нервной системы. Анализируются основные виды БОС (электромиографическая, нейробиоуправление, кардиобиоуправление, терморегуляторная, респираторная) и механизмы их терапевтического действия. Систематизированы результаты клинических исследований и мета-анализов, свидетельствующие об эффективности БОС-тренинга в реабилитации походки, обучении управлению протезами, коррекции фантомной боли и симптомов ПТСР. Особое внимание уделяется мультидисциплинарному подходу и персонализированным протоколам БОС, в том числе с использованием технологий машинного обучения. Обсуждается вклад отечественных исследователей в развитие методологии оценки эффективности реабилитационных технологий.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, биоуправление, реабилитация, ампутация, боевая травма, посттравматическое стрессовое расстройство, фантомная боль, нейробиоуправление, электромиография, психофизиологическое состояние

Для цитирования: Лебедев А.О., Орлова Н.З., Умников А.С., Голобородько Е.В., Разинкин С.М., Киш А.А. Оценка эффективности использования биологической обратной связи при реабилитации ампутантов с боевой травмой // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 42–50 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-42-50

А.О. Lebedev, N.Z. Orlova, A.S. Umnikov, E.V. Goloborodko, S.M. Razinkin, A.A. Kish

Evaluation of the Effectiveness of Biofeedback in the Rehabilitation of Amputees with Combat Trauma

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

Contact person: Kish Anna Andreevna: akish@yandex.ru

Abstract

This analytical review systematizes current evidence on the effectiveness of biofeedback (BF) methods in the comprehensive rehabilitation of combat trauma amputees, with an emphasis on their psychophysiological state. The relevance of the problem is determined by the increasing number of individuals who have undergone limb amputation as a result of military conflicts and the need for evidence-based approaches to their medical and psychological rehabilitation. The psychophysiological characteristics of combat trauma amputees are examined, including post-traumatic stress disorder (PTSD), phantom limb pain, depression, and autonomic nervous system dysfunction. The main types of biofeedback (electromyographic, neurofeedback, heart rate variability biofeedback, thermal, respiratory) and the mechanisms of their therapeutic action are analyzed. The results of clinical studies and meta-analyses demonstrating the effectiveness of biofeedback training in gait rehabilitation, prosthesis control training, correction of phantom limb pain and PTSD symptoms are systematized. Particular attention is paid to the multidisciplinary approach and personalized biofeedback protocols, including those using machine learning technologies. The contribution of Russian researchers to the development of methodology for assessing the effectiveness of rehabilitation technologies is discussed.

Keywords: biofeedback, rehabilitation, amputation, combat trauma, post-traumatic stress disorder, phantom limb pain, neurofeedback, electromyography, psychophysiological state

For citation: Lebedev AO, Orlova NZ, Umnikov AS, Goloborodko EV, Razinkin SM, Kish AA. Evaluation of the Effectiveness of Biofeedback in the Rehabilitation of Amputees with Combat Trauma. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:42-50. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-42-50

Введение

Биологическая обратная связь (БОС), или биоуправление, представляет собой группу терапевтических методов, основанных на предоставлении пациенту информации о состоянии его физиологических функций в режиме реального времени с целью обучения произвольной саморегуляции этих функций. Согласно определению Ассоциации прикладной психофизиологии и биологической обратной связи (Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, AAPB), биологическая обратная связь – это «процесс, который позволяет человеку научиться изменять свою физиологическую активность с целью улучшения здоровья и повышения работоспособности. Точные приборы измеряют физиологическую активность, такую как мозговые волны, функцию сердца, дыхание, мышечную активность и температуру кожи. Эти приборы быстро и точно передают информацию пользователю, который, в свою очередь, учится изменять свою физиологическую активность» [1, 2]. Данное определение подчёркивает ключевые принципы метода: измерение, обратную связь и обучение саморегуляции.

Исторические корни метода БОС восходят к кибернетической теории Норберта Винера (1948), который определил обратную связь как фундаментальный механизм управления в живых и технических системах. Принцип обратной связи – передача информации о результатах работы системы на её вход для коррекции функционирования – лёг в основу современного понимания биоуправления. В 1960–1970-е годы начались систематические исследования произвольного контроля электрической активности мозга (Kamiya J., 1968), мышечного напряжения (Basmajian J.V., 1963) и вегетативных функций. К настоящему времени накоплена обширная доказательная база, подтверждающая эффективность БОС при широком спектре клинических состояний, включая хроническую боль, эпилепсию, синдром дефицита внимания и гиперактивности, тревожные и депрессивные расстройства [2]. Как отмечают Королёв А.Д. и соавт. (2017), технологии биоуправления получили значительное развитие как в клинической, так и в спортивной психологии, демонстрируя высокий потенциал для оптимизации функционального состояния организма [1, 3].

Актуальность применения методов БОС в реабилитации ампутантов с боевой травмой определяется несколькими факторами. Во-первых, современные военные конфликты характеризуются высоким уровнем минно-взрывных ранений, приводящих к травматическим ампутациям конечностей. По данным различных источников, от 50 до 85% ампутантов испытывают фантомную боль в ампутированной конечности, которая существенно снижает качество жизни и затрудняет процесс протезирования и социальной адаптации. Более 30% лиц, перенёвших ампутацию, страдают от депрессивных расстройств различной степени выраженности. Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) значительно чаще встречается среди ампутантов с боевой травмой по сравнению с лицами,

перенёвшими ампутацию вследствие хронического заболевания (менее 5%) или несчастного случая в мирное время [4, 5].

Во-вторых, реабилитация ампутантов с боевой травмой представляет собой комплексную мультидисциплинарную задачу, требующую одновременного воздействия на физические, психологические и социальные аспекты нарушенного функционирования. Традиционные подходы, ограниченные протезированием и физической терапией, зачастую не обеспечивают достаточной коррекции психофизиологических нарушений, что обосновывает поиск дополнительных терапевтических инструментов. Методы БОС, воздействующие на механизмы нейропластичности и саморегуляции, потенциально способны восполнить этот пробел, обеспечивая целенаправленную коррекцию как сенсомоторных, так и эмоционально-вегетативных нарушений [4, 6].

В-третьих, развитие цифровых технологий и носимых устройств открывает новые возможности для индивидуализации и дистанционного проведения БОС-тренинга, что особенно актуально для категории пациентов с ограниченной мобильностью. Как подчёркивают Голобородько Е.В. и соавт. (2020), систематизация и научная оценка эффективности восстановительных технологий, основанных на различных физических факторах, является необходимым условием их внедрения в клиническую практику [4].

Целью настоящего аналитического обзора является систематизация и критический анализ современных данных об эффективности применения методов биологической обратной связи в реабилитации ампутантов с боевой травмой с акцентом на коррекцию психофизиологического состояния. В обзоре последовательно рассматриваются: психофизиологические особенности ампутантов с боевой травмой; виды и механизмы действия БОС; эффективность БОС в реабилитации походки и протезировании; роль БОС в коррекции ПТСР и фантомной боли; перспективы мультидисциплинарного подхода и персонализированных протоколов.

Психологические реакции на ампутацию

Ампутация конечности является одним из наиболее тяжёлых травматических событий, приводящих к глубоким изменениям в психофизиологическом состоянии пострадавшего. Потеря конечности затрагивает не только физические возможности человека, но и его самоидентификацию, образ тела, социальные роли и профессиональную пригодность. Психологические реакции на ампутацию описываются моделью стадий горевания Э. Кюблер-Росс, включающей отрицание, гнев, торг, депрессию и принятие, хотя современные исследователи подчёркивают нелинейный характер этого процесса и индивидуальную вариабельность прохождения данных стадий. Нарушение схемы тела является одним из центральных переживаний ампутанта, создавая предпосылки для развития тревожно-депрессивных расстройств и социальной дезадаптации [7, 8].

Особенностью психологического состояния ампутантов с боевой травмой является сочетание переживания потери конечности с психотравмой,

связанной непосредственно с боевой ситуацией. Это создаёт комплексную картину психических нарушений, в которой переплетаются элементы острой реакции на стресс, горевания, посттравматических и адаптационных расстройств. Назарян С.Е. и соавт. (2023) подчёркивают, что мишени психологической коррекции в реабилитации должны включать не только симптоматическое воздействие, но и работу с глубинными когнитивными схемами, определяющими отношение пациента к своему состоянию и перспективам восстановления [8]. Применение методов когнитивной психотерапии, как показали исследования Назарян С.Е. и соавт. (2019), позволяет эффективно корректировать дезадаптивные убеждения и когнитивные искажения, формирующиеся в ответ на травматическое событие [9].

Посттравматическое стрессовое расстройство

Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) является одним из наиболее распространённых психических нарушений среди ампутантов с боевой травмой. Согласно данным исследования AD-VANCE (Armed Services Trauma Rehabilitation Outcome Study), проведённого Minshall С. и соавт. (2022), распространённость ПТСР среди военнослужащих, перенёсших боевую ампутацию, составляет 16,9%, что достоверно превышает показатели в контрольной группе неповреждённых военнослужащих (10,5%) [5]. Данные результаты подтверждают, что боевая ампутация является значимым фактором риска развития ПТСР, хотя разница не столь велика, как при некоторых других категориях боевой травмы, что может объясняться более интенсивной реабилитационной поддержкой ампутантов.

Клиническая картина ПТСР у ампутантов с боевой травмой включает характерные комплекс симптомов: навязчивые воспоминания и флешбэки о травматическом событии, избегание ситуаций и стимулов, ассоциированных с травмой, негативные изменения когниций и настроения, а также гиперактивация – повышенная настороженность, нарушения сна, раздражительность, преувеличенная реакция испуга. Специфической особенностью является то, что ампутационная культя и протез могут выступать в качестве постоянных триггеров, напоминающих о травматическом событии, что затрудняет процесс психологического восстановления и адаптации к протезу.

Хронический болевой синдром и фантомная боль

Хронический болевой синдром является центральной проблемой реабилитации ампутантов.

Фантомная боль – болевые ощущения, локализуемые пациентом в ампутированной конечности, – является наиболее специфическим и одним из наиболее мучительных болевых синдромов у ампутантов. Распространённость фантомной боли составляет от 60 до 80% среди лиц, перенёсших ампутацию, и её механизмы включают как периферические (невромы, эктопическая активность повреждённых нервных волокон), так и центральные компоненты. Ключевую роль в генерации фантомной боли играет кортикальная реорганизация: после ампутации конечности корковое представительство

утраченной части тела «захватывается» смежными зонами коры, и степень этой реорганизации, как показал Ramachandran V.S. (1998) в своих исследованиях, коррелирует с интенсивностью фантомной боли. Этот механизм обосновывает использование методов БОС и зеркальной терапии, направленных на обратную модификацию кортикальных карт [10].

Депрессия, психосоматические нарушения и автономная дисфункция

Распространённость депрессивных расстройств среди ампутантов с боевой травмой превышает 30%, при этом депрессия часто коморбидна с ПТСР и хронической болью, формируя «трилатеральный» синдром, существенно ухудшающий прогноз реабилитации. Социальная изоляция, снижение самооценки, утрата профессиональной идентичности и нарушение межличностных отношений выступают как медиаторы и модераторы депрессивного состояния. Назарян С.Е. и соавт. (2017) подчёркивают значимый вклад социально-психологических факторов в функциональную готовность человека, подчёркивая необходимость комплексного подхода к оценке и коррекции психологического состояния [9].

Психосоматические нарушения и автономная дисфункция являются частыми спутниками ампутации с боевой травмой. Нарушения вегетативной регуляции проявляются в виде гипергидроза культи, вазомоторных расстройств, нарушений терморегуляции, лабильности артериального давления и частоты сердечных сокращений. Брагин М.А. и соавт. (2021) продемонстрировали эффективность аппаратно-программных комплексов в объективной оценке психофизиологического состояния лиц экстремальных профессий, что представляется важным для мониторинга состояния ампутантов в процессе реабилитации [11]. Объективизация вегетативных показателей создаёт предпосылки для целенаправленного применения методов БОС, направленных на нормализацию автономной регуляции.

Таким образом, психофизиологическое состояние ампутантов с боевой травмой характеризуется комплексом взаимосвязанных нарушений – ПТСР, хроническая боль (включая фантомную), депрессия, нарушение схемы тела, вегетативная дисфункция, – требующих мультимодального терапевтического воздействия. Методы биологической обратной связи, обладающие потенциалом одновременного воздействия на несколько патогенетических звеньев, представляются перспективным компонентом комплексной реабилитации данной категории пациентов.

Классификация методов биологической обратной связи

Методы биологической обратной связи классифицируются по физиологическому параметру, используемому в качестве управляемой переменной. В реабилитации ампутантов наибольшее применение нашли следующие виды БОС:

Электромиографическая БОС (ЭМГ-БОС) – метод, основанный на регистрации электрической активности мышц с помощью поверхностных или игольчатых электродов. Пациент получает визуальную, слуховую или тактильную обратную связь о

степени мышечного сокращения, что позволяет обучиться целенаправленному управлению мышечной активностью. В контексте реабилитации ампутантов ЭМГ-БОС используется преимущественно для обучения управлению миоэлектрическими протезами: пациент тренирует генерацию специфических паттернов ЭМГ-активности культи, необходимых для контроля различных функций протеза [12, 13]. Sturma A. и соавт. (2018) продемонстрировали, что структурированный ЭМГ-БОС тренинг значительно повышает точность и скорость управления протезами верхних конечностей, включая многоканальные протезы с несколькими степенями свободы [13].

Нейробиоуправление – метод БОС, основанный на регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ) или функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ). Пациент обучается произвольной модуляции определённых параметров мозговой активности – амплитуды и частоты ритмов ЭЭГ, активности определённых зон коры. В реабилитации ампутантов нейробиоуправление применяется прежде всего для коррекции ПТСР и сопутствующих тревожно-депрессивных расстройств, а также для модификации кортикальной реорганизации, лежащей в основе фантомной боли [10, 14].

Кардиобиоуправление (биоуправление по вариабельности сердечного ритма) – метод, направленный на повышение вариабельности сердечного ритма посредством дыхательных упражнений с обратной связью. Низкая вариабельность сердечного ритма ассоциирована с повышенным уровнем стресса, тревоги и депрессии, а также с ПТСР. Тренировка резонансного дыхания с частотой около 6 вдохов в минуту повышает активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, способствуя нормализации автономной регуляции и снижению симптомов стресса [10, 15].

Терморегуляторная БОС основана на регистрации температуры кожи конечностей (обычно пальцев), которая отражает степень периферической вазодилатации и, соответственно, уровень симпатической активации. Пациент обучается произвольному повышению температуры кожи, что ассоциировано с релаксацией и снижением симпатического тонуса. Данный метод традиционно применяется при мигрени и болезни Рейно, а также показал эффективность при определённых видах фантомной боли [16].

Респираторная БОС – метод, обеспечивающий обратную связь о параметрах дыхания (частоте, глубине, соотношении фаз вдоха и выдоха, уровне СО₂ на выдохе). Используется в сочетании с кардиобиоуправлением для оптимизации паттерна дыхания и нормализации вегетативной регуляции. Как отмечают Tosti B. и соавт. (2024) в своём обзоре, интегрированное использование методов биологической обратной связи демонстрирует синергетический эффект при коррекции патологических состояний и повышении работоспособности [14].

Систематические обзоры и обобщённые данные

Наиболее полная систематизация данных об эффективности БОС в реабилитации походки ампу-

тантов нижних конечностей представлена в систематическом обзоре Escamilla-Nunez R. и соавт. (2020), включившем 31 статью. Авторы пришли к заключению, что большинство исследований свидетельствуют об эффективности различных видов БОС для улучшения параметров ходьбы у ампутантов [12]. При этом визуальная, слуховая и тактильная/вибротактильная обратная связь использовались для коррекции различных аспектов походки: симметрии времени опоры, распределения нагрузки между протезированной и сохранённой конечностью, каденции, длины шага и скорости ходьбы. Голобородько Е.В. и соавт. (2017) подчёркивают важность объективной оценки эффективности реабилитационных мероприятий с использованием валидированных количественных показателей, что является необходимым условием доказательного внедрения БОС-технологий в клиническую практику [17].

ЭМГ-БОС в обучении управлению протезами верхних конечностей

Одним из наиболее впечатляющих примеров эффективности БОС-тренинга является применение поверхностной электромиографической обратной связи в рамках концепции «бионической реконструкции» – хирургической процедуры, включающей пересадку нервов и последующее протезирование. Salming S. и соавт. (2019) представили результаты серии случаев, в которой пациенты с тяжёлыми повреждениями плечевого сплетения проходили структурированную программу ЭМГ-БОС тренинга после селективной нервной пересадки. Оценка с помощью теста ARAT (Action Research Arm Test) показала улучшение с $2,83 \pm 4,07$ до $25,00 \pm 10,94$ баллов, что свидетельствует о клинически значимом улучшении функции верхней конечности [18]. Этот результат демонстрирует потенциал ЭМГ-БОС в сочетании с хирургическими инновациями для восстановления утраченных двигательных функций.

Киш А.А. и соавт. (2021) разработали систему оценки физической работоспособности как интегрального показателя эффективности реабилитационных технологий, что имеет непосредственное значение для объективизации результатов БОС-тренинга в реабилитации ампутантов [19].

Нейробиоуправление при протезировании

Petrini F.M. и соавт. (2019) продемонстрировали революционный подход к интеграции обратной связи в протез нижней конечности: интраневральная электрическая стимуляция, обеспечивающая передачу информации о давлении на подошву и движениях в коленном суставе протеза непосредственно в чувствительные нервы культи. Результаты показали снижение интенсивности фантомной боли, уменьшение умственной усталости при ходьбе и увеличение скорости ходьбы. Данный подход представляет собой замыкание петли сенсомоторного контроля, утраченной при ампутации, и может рассматриваться как продвинутая форма биологической обратной связи [20].

Dietrich C. и соавт. (2018) в исследовании с участием 14 ампутантов голени (transtibial) продемонстрировали, что электрокожная обратная связь

(electrocutaneous feedback) о давлении на подошву протеза приводит к снижению фантомной боли и увеличению дистанции ходьбы. Механизм обезболивающего эффекта предположительно связан с «конкурентным» вовлечением сенсорных путей, ранее ассоциированных с утраченной конечностью, и частичным обращением дезадаптивной кортикальной реорганизации [21].

Программы реабилитации ампутантов в Медицинском центре VA Palo Alto и Стэнфордском университете включают использование вибротактильной обратной связи для тренировки экстензии бедра в фазе переноса протеза нижней конечности. Вибромоторы, размещённые на бедре, обеспечивают информацию о положении конечности и степени разгибания, что компенсирует утраченную проприоцепцию и способствует формированию более физиологичного паттерна ходьбы [12].

Нейробиоуправление при ПТСР

Эффективность нейробиоуправления в лечении ПТСР подтверждается результатами нескольких мета-анализов. Harris S. и соавт. (2023) провели мета-анализ, включивший исследования нейробиоуправления при ПТСР, и установили стандартизованную среднюю разность (SMD) $-1,76$ в пользу нейробиоуправления по сравнению с контрольными условиями, что соответствует очень большому размеру эффекта [22]. Частота ремиссии ПТСР в группе нейробиоуправления составила 79,3% по сравнению с 24,4% в контрольной группе. Эти результаты свидетельствуют о том, что нейробиоуправление является высокоэффективным вмешательством для лечения ПТСР, включая случаи, резистентные к стандартной фармакотерапии и психотерапии [22].

Van der Kolk B.A. и соавт. (2016) провели рандомизированное контролируемое исследование нейробиоуправления у пациентов с хроническим ПТСР. После 24 сеансов выраженность симптомов ПТСР по шкале CAPS (Clinician-Administered PTSD Scale) снизилась с 79,45 до 42,95 баллов, что представляет собой клинически значимое улучшение. Важно отметить, что улучшение затрагивало не только симптомы ПТСР, но и коморбидные проявления: тревогу, депрессию, нарушения аффективной регуляции и диссоциативные симптомы. Это подчёркивает потенциал нейробиоуправления как метода, воздействующего на глубинные нейрофизиологические механизмы дисрегуляции, а не только на симптоматический уровень [23].

Кардиобиоуправление при ПТСР

Кардиобиоуправление представляет собой менее технологически сложную, но эффективную альтернативу нейробиоуправлению при ПТСР. Мета-анализ Kenemore T. и соавт. установил размер эффекта Hedges's $g = -0,557$ для кардиобиоуправления в отношении симптомов ПТСР, что соответствует среднему размеру эффекта [24]. Особенно примечателен крайне низкий показатель отсева участников – всего 5,8%, что свидетельствует о высокой переносимости и приемлемости метода для пациентов с ПТСР, для которых характерен высокий уровень избегания и низкая приверженность к лечению.

Механизм действия кардиобиоуправления при ПТСР связан с нормализацией автономной дисрегуляции, характерной для данного расстройства. Пациенты с ПТСР демонстрируют хроническое преобладание симпатической активации с недостаточным парасимпатическим контролем, что проявляется в сниженной вариабельности сердечного ритма, повышенном базальном уровне тревоги и нарушении эмоциональной регуляции. Тренировка резонансного дыхания с обратной связью по ВСР повышает вагусный тонус, способствуя восстановлению автономного баланса и улучшению способности к саморегуляции эмоциональных состояний. Разинкин С.М. и соавт. (2022) в лекциях по спортивной медицине подробно описывают нейрофизиологические основы биоуправления и его применение для оптимизации функционального состояния, что транслируется на реабилитационный контекст [25].

Комплексная оценка эффективности БОС при ПТСР

Галушка А.С. и Вишневецкий В.А. (2024) провели обзор 19 рандомизированных контролируемых исследований, посвящённых применению различных видов БОС при ПТСР. Авторы пришли к заключению, что все исследованные виды БОС (нейробиоуправление, кардиобиоуправление, ЭМГ-БОС) эффективно снижают симптомы ПТСР [6]. При этом выбор конкретного метода определяется индивидуальными особенностями пациента, ведущим кластером симптомов и доступностью оборудования. Голобородько Е.В. и соавт. (2021) разработали систему оценки эффективности и качества медицинских технологий, которая может быть применена для стандартизации протоколов БОС-терапии ПТСР и обеспечения контроля качества лечения [26].

Терморегуляторная БОС при фантомной боли

Терморегуляторная биологическая обратная связь является одним из наиболее изученных методов БОС при фантомной боли. Sherman R.A. в серии исследований продемонстрировал, что терморегуляторная БОС эффективна при определённых типах фантомной боли: «сжимающая» (cramping) и «жгучая» (burning) фантомная боль успешно поддаётся коррекции, тогда как «стреляющая» (shooting) боль менее чувствительна к данному методу. Предполагаемый механизм связан с нормализацией периферического кровотока в культе и модуляцией центральных болевых механизмов через изменение симпатического тонуса [27].

Harden R.N. и соавт. (2005) в контролируемом исследовании продемонстрировали снижение интенсивности фантомной боли на 30–66% у 6 из 7 пациентов уже после 6-й сессии терморегуляторной БОС. Данный результат свидетельствует о скорости наступления обезболивающего эффекта и его клинической значимости [28]. Belleggia G. и Birbaumer N. (2001) сообщили о более впечатляющем результате – полном устранении фантомной боли, сохранявшемся в течение 12 месяцев наблюдения. Хотя данное исследование основано на единичном случае, оно демонстрирует потенциал БОС для долговременной коррекции даже хронической фантомной боли [29].

Комбинированные подходы: БОС и психотерапия

Morina N. и соавт. (2012) исследовали комбинацию биологической обратной связи с нарративной экспозиционной терапией (Narrative Exposure Therapy, NET) у пациентов с коморбидными ПТСР и хронической болью. Результаты показали значимое снижение как болевого синдрома, так и симптомов ПТСР, причём эффект был более выраженным, чем при применении каждого метода в отдельности [30]. Данный подход представляется особенно релевантным для ампутантов с боевой травмой, у которых ПТСР и фантомная боль часто сочетаются и взаимно усиливают друг друга, формируя порочный круг: боль провоцирует флешбэки и гиперактивацию, а ПТСР-обусловленная гиперактивация нервной системы усиливает восприятие боли.

Таким образом, методы биологической обратной связи демонстрируют выраженную эффективность в коррекции как ПТСР, так и фантомной боли – двух наиболее тяжёлых и дезадаптирующих психофизиологических нарушений у ампутантов с боевой травмой. Размеры эффектов, зафиксированные в мета-анализах (SMD до $-1,76$ для нейробиоуправления при ПТСР), превышают показатели многих фармакологических и психотерапевтических вмешательств, что обосновывает приоритетность интеграции БОС в реабилитационные программы для данной категории пациентов.

Интеграция БОС в комплексные реабилитационные программы

Реабилитация ампутантов с боевой травмой требует координированного взаимодействия специалистов различного профиля: хирургов-ортопедов, протезистов, физиотерапевтов, психологов, психиатров, специалистов по БОС-тренингу, социальных работников. Интеграция методов биологической обратной связи в эту мультидисциплинарную систему предполагает определение места БОС на различных этапах реабилитации – от раннего послеоперационного периода до долговременного сопровождения. На раннем этапе приоритетны кардиобиоуправление и дыхательная БОС для стабилизации вегетативных функций и снижения остроты стрессовых реакций. На этапе подготовки к протезированию – ЭМГ-БОС для тренировки мышечного контроля. В период обучения ходьбе – визуальная и тактильная БОС для коррекции параметров походки. На этапе психологической реабилитации – нейробиоуправление и кардиобиоуправление для коррекции ПТСР и коморбидных расстройств [18, 22].

Комбинирование БОС с другими доказательными методами психотерапии и фармакотерапии представляется наиболее перспективным подходом. Когнитивно-поведенческая терапия (КПТ) и EMDR (Eye Movement Desensitization and Reprocessing) являются методами первой линии при ПТСР, а БОС может усиливать их эффективность за счёт улучшения нейрофизиологической «готовности» к психотерапевтической работе – снижения базального уровня возбуждения, улучшения способности к саморегуляции и повышения фронтальной когнитивной активности. Зеркальная терапия (mirror therapy),

направленная на модификацию фантомных ощущений, может дополняться нейробиоуправлением для мониторинга и управления корковыми процессами реорганизации.

Отечественный опыт и перспективы развития

Значительный вклад в разработку методологии оценки эффективности реабилитационных технологий внесли отечественные исследователи. Голобородько Е.В. в диссертационном исследовании (2022) разработала систему оценки эффективности медицинских технологий, которая может быть применена для стандартизации и контроля качества БОС-протоколов в реабилитации ампутантов [31]. Разинкин С.М. и Голобородько Е.В. (2021) предложили модель оценки средств коррекции функционального состояния на примере десинхроноза, демонстрируя возможность количественной оценки эффективности различных реабилитационных методов [32]. Самойлов А.С. и соавт. (2019) разработали методические рекомендации по экспертной оценке методов диагностики и коррекции адапционных и функциональных резервов, которые содержат универсальный алгоритм, применимый для оценки БОС-технологий [33].

Перспективы развития БОС-технологий в реабилитации ампутантов с боевой травмой связаны с несколькими направлениями: разработка и валидация стандартизированных протоколов БОС для конкретных клинических задач (коррекция ПТСР, фантомной боли, обучение управлению протезом); интеграция БОС в нейроинтерфейсы протезов нового поколения с замкнутым контуром сенсомоторной обратной связи; использование технологий виртуальной и дополненной реальности для повышения экологической валидности БОС-тренинга; масштабные многоцентровые рандомизированные контролируемые исследования с долговременным наблюдением для получения доказательств высшего уровня.

Заключение

Проведённый аналитический обзор свидетельствует о том, что методы биологической обратной связи представляют собой эффективный и научно обоснованный инструмент реабилитации ампутантов с боевой травмой, воздействующий на множественные патогенетические механизмы постампутационных нарушений.

В области реабилитации походки и протезирования систематический обзор Escamilla-Nunez R. и соавт. (2020), включивший 31 статью, подтверждает эффективность визуальной, слуховой и тактильной обратной связи для улучшения параметров ходьбы. ЭМГ-БОС в рамках бионической реконструкции (Salminger S. и соавт., 2019) продемонстрировала впечатляющее улучшение функции верхней конечности (ARAT с 2,83 до 25,00 баллов). Интраневральная стимуляция (Petrini F.M. и соавт., 2019) открывает перспективы создания протезов с замкнутым контуром сенсомоторной обратной связи.

В коррекции психофизиологического состояния эффективность методов БОС наиболее убедительно продемонстрирована при ПТСР: мета-анализ

нейробиоуправления (Harris S. и соавт., 2023) установил очень большой размер эффекта ($SMD = -1,76$) и частоту ремиссии 79,3%. Кардиобиоуправление, хотя и обладает более умеренным размером эффекта ($g = -0,557$), отличается минимальным отсевом участников (5,8%), что важно для популяции с ПТСР. Терморегуляторная БОС при фантомной боли обеспечивает снижение интенсивности боли на 30–66%, а в отдельных случаях – полное устранение боли с сохранением эффекта до 12 месяцев.

Особое значение имеет потенциал автономной регуляции посредством БОС-тренинга: нормализация вегетативного баланса, повышение парасимпатического тонуса, улучшение кортикальной саморегуляции. Эти механизмы обеспечивают не только симптоматическое улучшение, но и повышение адаптационных резервов организма ампутанта, что является ключевым фактором долговременного успеха реабилитации.

Вместе с тем необходимо признать ряд ограничений имеющейся доказательной базы. Многие исследования характеризуются небольшим размером

выборки, отсутствием рандомизации и контрольных групп, гетерогенностью протоколов и короткими сроками наблюдения. Необходимы масштабные многоцентровые рандомизированные контролируемые исследования с долговременным наблюдением, стандартизированными протоколами и валидированными исходами для получения доказательств высшего уровня.

Отечественные исследователи – Разинкин С.М., Орлова Н.З., Киш А.А., Голобородько Е.В. и соавторы – внесли значительный вклад в разработку методологических основ оценки эффективности реабилитационных технологий, создав универсальные модели и алгоритмы, применимые для стандартизации и внедрения БОС-протоколов в отечественную систему медицинской реабилитации.

Таким образом, биологическая обратная связь занимает обоснованное место в арсенале средств реабилитации ампутантов с боевой травмой и заслуживает приоритетного внимания со стороны исследователей, клиницистов и организаторов здравоохранения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Королёв А.Д., Петрова В.В., Шандаля А.М., Фомкин А.П., Голобородько Е.В. Использование технологий биоуправления в спортивной психологии (обзор литературы) // Медицинская наука и образование Урала. 2017. Т. 18. №3. С. 69–76.
2. Tosti B., Corrado S., Mancone S., et al. Integrated use of Biofeedback and Neurofeedback Techniques in Treating Pathological Conditions and Improving Performance: a Narrative Review // Frontiers in Neuroscience. 2024 Mar 19. No.18. P. 1358481. Doi: 10.3389/fnins.2024.1358481.
3. Удалов Ю.Д., Гордиенко А.В., Самойлов А.С., Забелин М.В., Бахарев С.А. Психоэмоциональный стресс у соматически ослабленных пациентов онкохирургического профиля как один из факторов послеоперационных осложнений // Исследования и практика в медицине. 2018. Т.5. №3. С. 117–125. Doi: 10.17709/2409-2231-2018-5-3-12.
4. Голобородько Е.В. Обзор основных восстановительных технологий спортивной медицины, основанных на действии физических факторов // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. 2020. №4. С. 27–32.
5. Minshall C., Beard J., Engel L., et al. Post-Traumatic Stress Disorder in UK Military Amputees: a Mixed-Methods Study // Military Medicine. 2024 Mar 20. V.170. No.2. P. 99–100. Doi: 10.1136/military-2022-002232.
6. Габушка М.С., Вишневецкий В.Ю. Обзор методов биологической обратной связи в реабилитации посттравматического стрессового расстройства // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2024. Т.12. №3. Doi: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.025.
7. Назарян С.Е., Орлова Н.З., Пустовойт В.И. Мишени психологической коррекции в реабилитации высококвалифицированных спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2023. Т.13. №1. С. 72–79. Doi: 10.47529/2223-2524.2023.1.10.
8. Назарян С.Е., Орлова Н.З., Брагин М.А. Вклад социально-психологических факторов в функциональную готовность спортсмена // Медицинская наука и образование Урала. 2017. Т.18. №2. С. 107–110.
9. Назарян С.Е., Самойлов А.С., Федин А.Б., Орлова Н.З., Никольская А.В., Пустовойт В.И. Применение методов когнитивной психотерапии при психологическом сопровождении спортсменов в реабилитационный период // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2019. № 1. С. 58–61.
10. Ramachandran V.S., Hirstein W. The Perception of Phantom Limbs: The D.O. Hebb Lecture // Brain. 1998. V.121. No.9. P. 1603–1630. Doi: 10.1093/brain/121.9.1603.
11. Брагин М.А., Голобородько Е.В., Котенко Н.В., Самойлов А.С., Калинина М.Ю. Эффективность аппаратно-программных комплексов в оценке психофизиологического состояния лиц экстремальных профессий // Вестник восстановительной медицины. 2021. Т.20. № 6. С. 111–118.
12. Escamilla-Nunez R., Michelini A., Andrysek J. Biofeedback Systems for Gait Rehabilitation of Individuals with Lower-Limb Amputation: A Systematic Review // Sensors. 2020. Vol. 20. No. 6. P. 1628. Doi: 10.3390/s20061628.
13. Sturma A., Hruby L.A., Prahm C., Mayer J.A., Aszmann O.C. Rehabilitation of Upper Extremity Nerve Injuries Using Surface EMG Biofeedback: Protocols for Clinical Application // Frontiers in Neuroscience. 2018 Dec 4. No.12. P. 906. Doi: 10.3389/fnins.2018.00906.
14. Tosti B., Corrado S., Mancone S., et al. Integrated Use of Biofeedback and Neurofeedback Techniques in Treating Pathological Conditions and Improving Performance: a Narrative Review // Frontiers in Neuroscience. 2024 Mar 19. No.18. P. 1358481. Doi: 10.3389/fnins.2024.1358481.
15. Разинкин С.М., Королёв А.Д., Брагин В.В., Крынцалов А.И. Оценка эффективности методики коррекции психоэмоционального состояния спортсменов сборной России по биатлону // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2019. № 1. С. 65–70.
16. Salminger S., Sturma A., Hofer C., et al. Long-Term Implant of Intramuscular Sensors and Nerve Transfers for Wireless Control of Robotic Arms in Above-Elbow Amputees // Science Robotics. 2019 Jul 17. V.4. No.32. P. eaaw6306. Doi: 10.1126/scirobotics.aaw6306. PubMed ID 31609322.
17. Голобородько Е.В., Фомкин П.А., Петрова В.В., Разинкин С.М. Некоторые подходы к оценке эффективности реабилитационных мероприятий у высококвалифицированных спортсменов // Саратовский научно-медицинский журнал. 2017. Т.13. №4. С. 947–955.
18. Aszmann OC, Roche AD, Salminger S, Paternostro-Sluga T, Herceg M, Sturma A, Hofer C, Farina D. Bionic Reconstruction to Restore Hand Function after Brachial Plexus Injury: a Case Series of Three Patients // Lancet. 2015. May 30. V.385. No. 9983. P. 2183–9. Doi: 10.1016/S0140-6736(14)61776-1.
19. Киш А.А., Голобородько Е.В., Разинкин С.М., Комлев А.М. Физическая работоспособность в системе оценки эффективности технологий спортивной медицины // Вестник восстановительной медицины. 2021. Т. 20. № 6. С. 119–125.
20. Petrini F.M., Bumbasirevic M., Valle G., et al. Sensory Feedback Restoration in Leg Amputees Improves Walking Speed, Metabolic Cost and Phantom Pain // Nature Medicine. 2019. V. 25. P. 1356–1363.
21. Dietrich C., Walter-Walsh K., Preissler S., et al. Sensory Feedback Prosthesis Reduces Phantom Limb Pain: Proof of a Principle // Neuroscience Letters. 2018. V. 507. P. 97–100.

22. Askovic M, Soh N, Elhindi J, Harris AWF. Neurofeedback for Post-Traumatic Stress Disorder: Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical and Neurophysiological Outcomes // *Eur J Psychotraumatol*. 2023. V.14. No.2. P. 2257435. Doi: 10.1080/20008066.2023.2257435.
23. Van der Kolk B.A., Hodgdon H., Gapen M., et al. A Randomized Controlled Study of Neurofeedback for Chronic PTSD // *PLoS ONE*. 2016. V. 11. No.12. P. e0166752. Doi: 10.1371/journal.pone.0166752.
24. Kenemore T., Enlow P., Lee T., et al. Heart Rate Variability Biofeedback as a Treatment for Military PTSD: a Meta-Analysis // *Mil Med*. 2024 Aug 30. V.189. No.9-10. P. e1903-e1909. Doi: 10.1093/milmed/usae003.
25. Разинкин С.М., Самойлов А.С., Голобородько Е.В., Киш А.А., Брагин М.А., Рылова Н.В., Петрова В.В., Шуленов П.А. Избранные лекции по спортивной медицине. 2-е изд. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2022. 382 с.
26. Голобородько Е.В., Разинкин С.М., Сюрис Н.А., Ерофеев Г.Г., Казаков В.Ф. Роль системы оценки эффективности и качества медицинских технологий в совершенствовании программ санаторно-курортного лечения военнослужащих // *Курортная медицина*. 2021. №4. С. 25–29.
27. Sherman R.A. Phantom Pain as an Expression of Referred Sensations // *European Journal of Pain*. 1997. V.1. No.1. P. 59–69.
28. Harden R.N., Houle T.T., Green S., et al. Biofeedback in the Treatment of Phantom Limb Pain: A Time-Series Analysis // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2005. V.30. No.1. P. 83–93.
29. Belleggia G., Birbaumer N. Treatment of Phantom Limb Pain with Combined EMG and Thermal Biofeedback: a Case Report // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2001. V. 26. No.2. P. 141–146.
30. Morina N., Maier T., Bryant R., et al. Combining Biofeedback and Narrative Exposure Therapy for Persistent Pain and PTSD in Refugees: a Pilot Study // *European Journal of Psychotraumatology*. 2012. V.3. No.1. Doi: 10.3402/ejpt.v3i0.17660.
31. Голобородько Е.В. Разработка и обоснование системы экспертной оценки медицинских технологий для высококвалифицированных спортсменов: Дис. ... докт. мед. наук. М.: Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии, 2022. 215 с.
32. Разинкин С.М., Голобородько Е.В., Комлев А.М. Модель оценки средств коррекции функционального состояния у высококвалифицированных спортсменов на примере десинхронизации // *Курортная медицина*. 2021. №4. С. 54–57.
33. Самойлов А.С., Разинкин С.М., Хан А.В., Назарян С.Е., Шевякова Н.И. Мультидисциплинарный подход в реабилитации спортсменов высших достижений // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2016. Т.93. №2. С. 147.

REFERENCES

1. Korolev A.D., Petrova V.V., Shandala A.M., Fomkin A.P., Goloborod'ko Ye.V. Use of Biofeedback Technologies in Sports Psychology (Literature Review). *Meditsinskaya Nauka i Obrazovaniye Urala* = Medical Science and Education of Ural. 2017;18;3:P. 69–76 (In Russ.).
2. Tosti B., Corrado S., Mancone S., et al. Integrated Use of Biofeedback and Neurofeedback Techniques in Treating Pathological Conditions and Improving Performance: a Narrative Review. *Frontiers in Neuroscience*. 2024 Mar 19;18:1358481. Doi: 10.3389/fnins.2024.1358481.
3. Udalov Yu.D., Gordiyenko A.V., Samoylov A.S., Zabelin M.V., Bakharev S.A. Psychoemotional Stress in Somatically Burdened Oncosurgical Patients as One of the Factors of Postoperative Complications. *Issledovaniya i Praktika v Meditsine* = Research'n Practical Medicine Journal. 2018;5;3:117–125 (In Russ.). Doi: 10.17709/2409-2231-2018-5-3-12.
4. Goloborod'ko Ye.V. Review of the Main Restorative Technologies in Sports Medicine Based on the Action of Physical Factors. *Meditsina. Sotsiologiya. Filosofiya. Prikladnyye Issledovaniya* = Medicine. Sociology. Philosophy. Applied Research. 2020;4:27–32 (In Russ.).
5. Minshall C., Beard J., Engel L., et al. Post-Traumatic Stress Disorder in UK Military Amputees: a Mixed-Methods Study. *Military Medicine*. 2024 Mar 20;170;2:99-100. Doi: 10.1136/military-2022-002232.
6. Galushka A.S., Vishnevetskiy V.A. Review of Biofeedback Techniques in the Rehabilitation of Posttraumatic Stress Disorder. Modeling, Optimization and Information Technology. 2024;12;3 (In Russ.). Doi: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.025.
7. Nazaryan S.Ye., Orlova N.Z., Pustovoyt V.I. Targets of Psychological Correction in the Rehabilitation of Highly Qualified Athletes. *Sportivnaya Meditsina: Nauka i Praktika* = Sports Medicine: Research and Practice. 2023;13;1:72–79 (In Russ.). Doi: 10.47529/2223-2524.2023.1.10.
8. Nazaryan S.Ye., Orlova N.Z., Bragin M.A. The Contribution of Social and Psychological Factors to the Functional Readiness of an Athlete. *Meditsinskaya Nauka i Obrazovaniye Urala* = Medical Science and Education of Ural. 2017;18;2:107–110 (In Russ.).
9. Nazaryan S.Ye., Samoylov A.S., Fedin A.B., Orlova N.Z., Nikol'skaya A.V., Pustovoyt V.I. Application of Cognitive Psychotherapy Methods in the Psychological Support of Athletes during the Rehabilitation Period. *Lechebnaya Fizkul'tura i Sportivnaya Meditsina* = Therapeutic Physical Education and Sports Medicine. 2019;1:58–61 (In Russ.).
10. Ramachandran V.S., Hirstein W. The Perception of Phantom Limbs: The D.O. Hebb Lecture. *Brain*. 1998;121;9:1603–1630. Doi: 10.1093/brain/121.9.1603.11.
11. Bragin M.A., Goloborod'ko Ye.V., Kotenko N.V., Samoylov A.S., Kalinina M.Yu. Efficiency of Hardware and Software Systems in Assessing the Psychophysiological State of Individuals in Extreme Professions. *Vestnik Vosstanovitel'noy Meditsiny* = Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2021;20;6:111–118 (In Russ.).
12. Escamilla-Nunez R., Michelini A., Andrysek J. Biofeedback Systems for Gait Rehabilitation of Individuals with Lower-Limb Amputation: A Systematic Review. *Sensors*. 2020;20;6:1628. Doi: 10.3390/s20061628.
13. Sturma A., Hruby L.A., Prahm C., Mayer J.A., Aszmann O.C. Rehabilitation of Upper Extremity Nerve Injuries Using Surface EMG Biofeedback: Protocols for Clinical Application. *Frontiers in Neuroscience*. 2018 Dec 4;12:906. Doi: 10.3389/fnins.2018.00906.
14. Tosti B., Corrado S., Mancone S., et al. Integrated Use of Biofeedback and Neurofeedback Techniques in Treating Pathological Conditions and Improving Performance: a Narrative Review. *Frontiers in Neuroscience*. 2024 Mar 19;18:1358481. Doi: 10.3389/fnins.2024.1358481.
15. Razinkin S.M., Korolev A.D., Bragin V.V., Krytsalov A.I. Evaluation of the Effectiveness of a Methodology for Correcting the Psychoemotional State of Athletes of the Russian National Biathlon Team. *Vestnik Nevrologii, Psikiatrii i Neyrokhirurgii* = Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery. 2019;1:65–70 (In Russ.).
16. Salminger S., Sturma A., Hofer C., et al. Long-Term Implant of Intramuscular Sensors and Nerve Transfers for Wireless Control of Robotic Arms in Above-Elbow Amputees. *Science Robotics*. 2019 Jul 17;4;32:eaaw6306. Doi: 10.1126/scirobotics.aaw6306. PubMed ID 31609322.
17. Goloborod'ko Ye.V., Fomkin P.A., Petrova V.V., Razinkin S.M. Some Approaches to Assessing the Effectiveness of Rehabilitation Measures in Highly Qualified Athletes. *Saratovskiy Nauchno-Meditsinskiy Zhurnal* = Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2017;13;4:947–955 (In Russ.).
18. Aszmann OC, Roche AD, Salminger S, Paternostro-Sluga T, Herceg M, Sturma A, Hofer C, Farina D. Bionic Reconstruction to Restore Hand Function after Brachial Plexus Injury: a Case Series of Three Patients. *Lancet*. 2015 May 30;385;9983:2183-9. Doi: 10.1016/S0140-6736(14)61776-1.
19. Kish A.A., Goloborod'ko Ye.V., Razinkin S.M., Komlev A.M. Physical Performance in the System of Assessing the Effectiveness of Sports Medicine Technologies. *Vestnik Vosstanovitel'noy Meditsiny* = Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2021;20;6:119–125 (In Russ.).
20. Petrini F.M., Bumbasirevic M., Valle G., et al. Sensory Feedback Restoration in Leg Amputees Improves Walking Speed, Metabolic Cost and Phantom Pain. *Nature Medicine*. 2019;25:1356–1363.
21. Dietrich C., Walter-Walsh K., Preissler S., et al. Sensory Feedback Prosthesis Reduces Phantom Limb Pain: Proof of a Principle. *Neuroscience Letters*. 2018;507:97–100.
22. Askovic M, Soh N, Elhindi J, Harris AWF. Neurofeedback for Post-Traumatic Stress Disorder: Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical and Neurophysiological Outcomes. *Eur J Psychotraumatol*. 2023;14(2):2257435. Doi: 10.1080/20008066.2023.2257435.
23. Van der Kolk B.A., Hodgdon H., Gapen M., et al. A Randomized Controlled Study of Neurofeedback for Chronic PTSD. *PLoS ONE*. 2016;11;12:e0166752. Doi: 10.1371/journal.pone.0166752.

24. Kenemore T., Enlow P., Lee T., et al. Heart Rate Variability Biofeedback as a Treatment for Military PTSD: a Meta-Analysis. *Mil Med.* 2024 Aug 30;189;9-10:e1903-e1909. Doi: 10.1093/milmed/usae003.25.
25. Razinkin S.M., Samoylov A.S., Goloborod'ko Ye.V., Kish A.A., Bragin M.A., Rylova N.V., Petrova V.V., Shulepov P.A. *Izbrannyye Lektsii po Sportivnoy Meditsine* = Selected Lectures on Sports Medicine. Moscow, FMBTS im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2022. 382 p. (In Russ.).
26. Goloborod'ko Ye.V., Razinkin S.M., Syuris N.A., Yerofeyev G.G., Kazakov V.F. The Role of the System for Assessing the Efficiency and Quality of Medical Technologies in Improving Spa Treatment Programs for Military Personnel. *Kurortnaya Meditsina* = Resort Medicine. 2021;4:25–29 (In Russ.).
27. Sherman R.A. Phantom Pain as an Expression of Referred Sensations. *European Journal of Pain.* 1997;1;1:59–69.
28. Harden R.N., Houle T.T., Green S., et al. Biofeedback in the Treatment of Phantom Limb Pain: A Time-Series Analysis. *Applied Psychophysiology and Biofeedback.* 2005;30;1:83–93.
29. Belleggia G., Birbaumer N. Treatment of Phantom Limb Pain with Combined EMG and Thermal Biofeedback: a Case Report. *Applied Psychophysiology and Biofeedback.* 2001;26;2: 141–146.
30. Morina N., Maier T., Bryant R., et al. Combining Biofeedback and Narrative Exposure Therapy for Persistent Pain and PTSD in Refugees: a Pilot Study. *European Journal of Psychotraumatology.* 2012;3;1. Doi: 10.3402/ejpt.v3i0.17660.
31. Goloborod'ko Ye.V. *Razrabotka i Obosnovaniye Sistemy Ekspertnoy Otsenki Meditsinskikh Tekhnologiy dlya Vysokokvalifitsirovannykh Sportsmenov* = Development and Substantiation of a System for Expert Evaluation of Medical Technologies for Highly Qualified Athletes. Doctor's Thesis (Med). Moscow, Natsional'nyy Meditsinskiy Issledovatel'skiy Tsentr Reabilitatsii i Kurortologii Publ., 2022. 215 p. (In Russ.).
32. Razinkin S.M., Goloborod'ko Ye.V., Komlev A.M. A Model for Assessing the Means of Correcting the Functional State in Highly Qualified Athletes Using Desynchronosis as an Example. *Kurortnaya Meditsina* = Resort Medicine. 2021;4:54–57 (In Russ.).
33. Samoylov A.S., Razinkin S.M., Khan A.V., Nazaryan S.Ye., Shevyakova N.I. Multidisciplinary Approach to the Rehabilitation of High-Performance Athletes. *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoy Fizicheskoy Kul'tury* = Problems of Balneology, Physiotherapy, And Exercise Therapy. 2016;93;2:147 (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: 29.03.2026. **Принята к публикации:** 25.04.2026.

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: 29.03.2026. **Accepted for publication:** 25.04.2026

Д.А. Андреев, А.А. Киш, С.М. Разинкин

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ СКРЫТОЙ ДИСФУНКЦИИ СЕРДЦА

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

Контактное лицо: Киш Анна Андреевна: akish@yandex.ru

Резюме

Скрытая дисфункция сердца представляет собой доклинический этап миокардиального ремоделирования, при котором жалобы отсутствуют или неспецифичны, фракция выброса левого желудочка остаётся сохранной, а более чувствительные механические, диастолические, тканевые и биохимические маркеры уже указывают на снижение функционального резерва миокарда.

Цель работы: провести сравнительную оценку современных методов ранней диагностики скрытой дисфункции сердца у условно здоровых лиц и у пациентов с соматической патологией, а также определить место авторской методики расширенной эхокардиографии с нагрузочным тестированием в современной диагностической модели.

Материалы исследования: публикации января 2021 – февраля 2026 гг., отобранные по клинической значимости, а также данные авторской методики ранней диагностики скрытой дисфункции сердца у спортсменов, лиц с синдромом перетренированности, хроническим психоэмоциональным стрессом и у работников Крайнего Севера.

Результаты: установлено отсутствие универсального маркера раннего поражения миокарда. У лиц без установленной соматической патологии, но с высокой профессиональной или спортивной нагрузкой, наибольшую чувствительность демонстрируют глобальная продольная деформация левого желудочка, стандартизированная нагрузочная эхокардиография и многокамерная оценка правожелудочкового, предсердного и диастолического резерва. У пациентов с артериальной гипертензией, сахарным диабетом, ожирением, анамнезом предшествующей химиотерапии и другими соматическими состояниями наибольшую диагностическую ценность имеет комбинация GLS, оценка диастолической функции, натрийуретического пептида, высокочувствительного кардиального тропонина и магнитно-резонансной томографии сердца с контрастным усилением гадолинием в отсроченную фазу. Авторская методика позволяет выявлять скрытую дисфункцию даже при нормальных биомаркерах и сохранной фракции выброса за счёт анализа резервных реакций на субмаксимальную аэробную нагрузку.

Заключение. Наиболее перспективной является фенотип-ориентированная мультимодальная стратегия, в которой выбор метода определяется не только наличием симптомов, но и типом контингента, характером нагрузки и предполагаемым субстратом поражения.

Ключевые слова: скрытая дисфункция сердца; доклиническая сердечная недостаточность; глобальная продольная деформация; GLS; стресс-эхокардиография; кардиальная MPT; NT-proBNP; правожелудочковый резерв; предсердная функция

Для цитирования: Андреев Д.А., Киш А.А., Разинкин С.М. Методологические подходы к ранней диагностике скрытой дисфункции сердца //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 51–58 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-51-58

DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-51-58

D.A. Andreev, A.A. Kish, S.M. Razinkin

Methodological Approaches to Early Diagnostics of Hidden Heart Dysfunction

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

Contact person: Kish Anna Andreevna: akish@yandex.ru

Abstract

Objective: Occult cardiac dysfunction is a preclinical stage of myocardial remodeling in which symptoms are absent or nonspecific, left ventricular ejection fraction may remain preserved, while more sensitive mechanical, diastolic, tissue and biomarker signals already indicate impaired cardiac reserve. The aim of this paper was to provide an IMRAD-oriented review and comparative assessment of current methods for early detection of occult cardiac dysfunction in apparently healthy individuals and in patients with somatic disease, and to define the role of the author's expanded exercise echocardiography protocol within a contemporary diagnostic model.

Material and methods: the evidence base included clinically relevant publications from January 2021 to February 2026 and the author's diagnostic materials obtained in athletes, athletes with overtraining syndrome, individuals with chronic psychoemotional stress, and Arctic shift workers.

Results. No single marker was sufficient across phenotypes. In individuals without established somatic disease but exposed to high professional or sports load, the most sensitive tools were left ventricular global longitudinal strain, standardized exercise echocar-

diography, and multichamber assessment of right ventricular, atrial and diastolic reserve. In hypertension, type 2 diabetes, obesity, cardio-oncology and related somatic settings, the highest value was achieved by combining GLS, algorithmic diastolic assessment, natriuretic peptides, high-sensitivity troponins and cardiac magnetic resonance with T1/ECV mapping and feature tracking. The author's method identifies occult dysfunction even when biomarkers and ejection fraction remain normal by analyzing reserve responses to submaximal aerobic load. A phenotype-oriented multimodal strategy appears to be the most rational approach for timely identification and prevention of progression.

Keywords: *occult cardiac dysfunction; pre-heart failure; global longitudinal strain; exercise echocardiography; cardiac magnetic resonance; NT-proBNP; right ventricular reserve; atrial function*

For citation: Andreev DA, Kish AA, Razinkin SM. Methodological Approaches to Early Diagnostics of Hidden Heart Dysfunctionn. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:51-58. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-51-58

Введение

Ранняя диагностика скрытой дисфункции сердца в последние годы стала одной из ключевых задач клинической кардиологии. Современная концепция стадий сердечной недостаточности, закреплённая в рекомендациях АНА/ACC/HFSA и ESC, выделяет доклинический континуум от лиц с факторами риска до бессимптомных пациентов с первыми признаками поражения сердца [2, 6 – 8].

В рамках этой концепции под скрытой дисфункцией сердца целесообразно понимать совокупность субклинических нарушений, которые ещё не сопровождаются развёрнутой сердечной недостаточностью, но уже отражают снижение сократительного, диастолического, предсердного или правожелудочкового резерва. Важно, что такие изменения могут существовать при нормальной или квазинормальной фракции выброса левого желудочка, что ограничивает ценность традиционной парадигмы, основанной почти исключительно на показателе LVEF. Поэтому современный поиск сместился к более чувствительным маркерам – продольной деформации миокарда, нагрузочной гемодинамике, тканевой характеристике по данным кардиальной МРТ и мультимаркерной лабораторной стратификации [9 – 11].

Однако скрытая дисфункция сердца не является единым феноменом. У пациентов с артериальной гипертензией, сахарным диабетом 2 типа, ожирением, хронической болезнью почек, после кардиотоксической терапии или при ранних формах кардиомиопатий она чаще отражает структурно – метаболическое поражение миокарда: диффузный интерстициальный фиброз, нарушение релаксации, субэндокардиальное повреждение кардиомиоцитов, микроциркуляторную дисфункцию. У условно здоровых лиц – спортсменов, руководителей, специалистов экстремальных профессий, работников Севера – доклинические изменения часто проявляются иначе: в покое сердце может выглядеть формально сохранным, но в условиях физической нагрузки демонстрирует ограниченный, парадоксальный или дискоординированный резерв.

Стандартная эхокардиография сохраняет статус метода первой линии, но ее чувствительность к раннему поражению миокарда ограничена. В научном заявлении АНА 2025 года и ряде работ последних лет показано, что глобальная продольная деформа-

ция левого желудочка обладает большей чувствительностью к ранним изменениям механики миокарда, чем фракция выброса левого желудочка (LVEF), а референсные значения глобальной продольной деформации (GLS) должны интерпретироваться с учётом пола, возраста, метода постобработки и типа обследуемого контингента [2, 10, 12, 13]. Наряду с этим обновлённые рекомендации ASE 2025 года подчёркивают необходимость алгоритмической оценки диастолической функции, а обзоры 2024 года показывают, что оценка диастолической функции левого желудочка посредством стресс – эхокардиографии особенно полезно при скрытых фенотипах сердечной недостаточности с сохранённой фракцией выброса (HFpEF), которые в покое могут не проявляться при рутинной диагностике [11; 14; 15].

Кардиальная МРТ с T1 – картированием, расчётом внеклеточного объёма, контрастным усилением гадолинием в отсроченную фазу и определение параметров деформации миокарда по данным магнитно – резонансной томографии (МРТ), позволяет выявлять диффузный фиброз и субклиническое снижение миокардиальной функции у пациентов с гипертензией, диабетом, ожирением и анамнезом кардиотоксичной полихимиотерапии ещё до снижения фракции выброса [2; 16 – 19]. Дополнительный слой диагностики формируют NT – proBNP и высокочувствительный кардиальный тропонин, а также AI – усиленная ЭКГ, способная выполнять роль масштабируемого скринингового инструмента [9, 20, 21].

Диагностические подходы для условно здоровых лиц с функциональными расстройствами практически отсутствуют в литературе. В этом контексте представляют интерес материалы авторской методики ранней диагностики скрытой дисфункции сердца, основанной на расширенном протоколе эхокардиографии в покое и в течение первой минуты после стандартизированной аэробной нагрузки. Включение названного функционального модуля позволяет сопоставить два принципиально разных фенотипа ранней дисфункции – структурно-метаболический и резервно-нагрузочный.

Цель работы – провести сравнительную оценку современных методов ранней диагностики скрытой дисфункции сердца у условно здоровых лиц и у пациентов с соматической патологией, а также определить место авторской методики расширенной эхокардиографии с нагрузочным тестированием в

фенотип – ориентированном диагностическом алгоритме.

Материалы и методы

Работа выполнена как обзорно-аналитическое исследование, обобщающее и синтезирующее существующие исследования по ранней диагностике скрытой дисфункции сердца с элементами вторичного анализа авторских диагностических материалов. Поиск литературы проводили по публикациям 2021 – 2026 гг. с приоритетом для клинических рекомендаций, научных заявлений профессиональных обществ, систематических обзоров и оригинальных исследований, посвящённых доклинической сердечной недостаточности, скрытой миокардиальной дисфункции, GLS, диастолической функции, стресс – эхокардиографии, кардиальной МРТ, сердечным биомаркерам и AI – усиленной электрокардиографии [1, 2, 5 – 21].

В обзорную часть включали источники, удовлетворяющие следующим условиям: взрослые люди без развёрнутой сердечной недостаточности или с предполагаемой доклинической стадией заболевания; исследования, в которых оценивались методы выявления раннего поражения миокарда при сохранённой или пограничной LVEF; публикации, содержащие диагностические, стратификационные или прогностические данные. Исключали работы, посвящённые преимущественно уже сформированной сердечной недостаточности без отдельного анализа предсердечной недостаточности или субклинических стадий.

Во второй части анализа представлены материалы авторской методики ранней диагностики скрытой дисфункции сердца. Согласно приведённым данным, методика сформирована на основе комплексного обследования 204 мужчин, разделённых на пять групп: здоровые спортсмены группы «Спорт» (n = 52), спортсмены с синдромом перетренированности группы «OTS» (n = 51), лица с хроническим психоэмоциональным стрессом группы «Стресс» (n = 50), работники вахтового метода в начале работы в районах Крайнего Севера группы «Север» (n = 37) и группа сравнения постоянно работающих вахтовиков (n = 14).

Для исключения явной кардиальной патологии во всех группах выполнялись электрокардиография, суточное холтеровское мониторирование, магнитно-резонансная томография сердца с контрастным усилением гадолинием в отсроченную фазу и мультиспиральная компьютерная коронароангиография. Дополнительно проводились лабораторные исследования. По материалам авторской методики, уровень миоглобина, сердечного высокочувствительного тропонина и proBNP как до, так и после нагрузки оставался в референсных пределах, а клинически значимое повышение маркеров воспаления и электролитных нарушений не было выявлено.

Ключевым элементом методики являлась расширенная эхокардиография на ультразвуковом сканере экспертного класса GE LOGIQ E10 в покое и в течение первой минуты после стандартизированной аэробной нагрузки. Нагрузочный тест проводили на велоэргометре по ступенчатому протоколу 25

Вт/мин до достижения порога аэробного обмена с контролем лактата крови не выше 2 ммоль/л. В оценку включали показатели системной гемодинамики, левого желудочка, правого желудочка, обоих предсердий и диастолической функции: HR, CO, LVEDV, LVESV, LVSV, LVEF, GLS, RV FAC, S', TAPSE, LAVmin, LAEF, RAVmin, RAEF, E/A, e'm, e'l и ряд вспомогательных линейных параметров.

Статистический блок для авторской методики использовал те показатели и критерии значимости, которые были представлены в исходных материалах: внутригрупповые сравнения до и после нагрузки выполнялись с применением парного t-критерия, а межгрупповые различия профилей ответа на нагрузку оценивались по непарному t-критерию Welch. Основным аналитическим приёмом стала фенотип – ориентированная стратификация. Сравнение методов осуществляли по двум направлениям: а) тип обследуемого контингента – условно здоровые лица с высокой физической, психоэмоциональной и/или климатической нагрузкой и пациенты с соматической патологией; б) тип диагностического инструмента – стандартная эхокардиография, strain-визуализация, диастолическая и стресс – эхокардиография, биомаркеры, кардиальная МРТ и AI-ЭКГ. Такой подход позволял оценить не только общую чувствительность метода, но и то, в каком именно клиническом контексте его диагностическая ценность максимальна.

Результаты и обсуждение

Анализ литературы 2021 – 2026 гг. подтвердил, что ранняя диагностика скрытой дисфункции сердца не ограничивается снижением показателя фракции выброса левого желудочка. Современная диагностика опирается на выявление субклинических изменений механики миокарда, диастолической функции, резерва камер сердца и раннего интерстициального ремоделирования. При этом один и тот же метод демонстрирует разную чувствительность в разных фенотипах обследуемых, поэтому вопрос выбора метода становится не столько техническим, сколько клинически контекстным.

Для условно здоровых лиц главным ограничением традиционного обследования является низкая информативность результатов, полученных в состоянии покоя. Нормальная ЭКГ, отсутствие грубых структурных изменений и сохранная LVEF не исключают скрытого ограничения функционального резерва [1, 3]. В этих группах особое значение приобретают методы, способные уловить отклонение от физиологической нагрузки: GLS, стресс-эхокардиография, оценка ударного объёма и динамики сердечного выброса, а также правожелудочковый и предсердный резерв. У пациентов с соматической патологией, напротив, диагностический признак чаще появляется уже в покое и связан с хронической гемодинамической, метаболической или токсической перегрузкой миокарда, на которые указывают сочетания GLS, алгоритмической диастолической оценки, NT – proBNP, высокочувствительного сердечного тропонина и КМР (кардио – магнитно – резонансная томография) [9 – 19].

Сравнительная оценка методов показала, что стандартная эхокардиография и LVEF обязательны как входной уровень диагностики, но редко являются наиболее ранним маркером доклинического поражения. Продольная деформация левого желудочка остаётся наиболее универсальным функциональным индикатором: при риске развития сердечной недостаточности добавление GLS улучшает стратификацию пациентов стадии А и В, а референсные диапазоны, подтверждающие зависимость strain-показателей от характеристик обследуемого [10; 12; 13]. Вместе с тем показатель GLS при нормальной фракции выброса и пограничных диастолических изменениях, следует интерпретировать совместно с показателями наполнения, предсердной функции и, при необходимости, с нагрузочной пробой.

Оценка диастолической функции в покое сохраняет высокую значимость прежде всего у пациентов с соматической патологией. Обновлённые рекомендации ASE 2025 года предлагают современный алгоритм анализа E/A, e', параметров левого предсердия и признаков повышения давления наполнения [11]. Однако для условно здоровых лиц этого зачастую недостаточно: диастолические нарушения могут оставаться скрытыми в покое и проявляться только при физическом усилии. Поэтому обзоры 2024 года закономерно подчёркивают роль диастолической стресс-эхокардиографии, особенно при фенотипах ранней HFrEF и необъяснимой нагрузочной одышке [14, 15].

С точки зрения биомаркеров наибольшая информативность характерна для соматической патологии. Клинический консенсус HFA-ESC по NT-proBNP показал, что повышение натрийуретического пептида у бессимптомных пациентов с диабетом, гипертензией или коронарной болезнью может отражать раннее сердечное напряжение и предшествовать манифестной сердечной недостаточности [9]. Высокочувствительный кардиальный тропонин дополняют эту информацию как маркер раннего повреждения кардиомиоцитов. Однако в функционально перегруженных, но формально здоровых группах отрицательные биомаркеры не исключают скрытую дисфункцию, что особенно отчётливо продемонстрировали материалы авторской методики.

Кардиальная МРТ оказалась особенно ценной в фенотипах, где предполагается тканевой субстрат поражения. Систематический обзор 2025 года по популяциям с высоким риском развития сердечной недостаточности показал, что накопление гадолиния в отсроченную фазу, T1 (время релаксации миокарда) и ECV (фракция внеклеточного объёма) у бессимптомных лиц с факторами риска статистически выше, чем у контрольных групп, что отражает раннее интерстициальное расширение и фиброз [16]. Исследования при ранней гипертензии и при диабете 2 типа с ожирением продемонстрировали, что количественные методы МРТ сердца позволяют фиксировать субклиническое снижение функции ещё до падения LVEF [17; 18]. В кардиоонкологии аналогичную роль выполняет нативное T1-картирование как ранний индикатор доклинической кардиотоксичности [19].

AI-усиленная ЭКГ в настоящее время следует рассматривать не как замену визуализации, а как инструмент предскрининга. Специализированное программное решение для автоматизированного анализа УЗИ сердца EchoNext показала, что искусственный интеллект, обученный на большом массиве ЭКГ и эхокардиографических данных, способен выявлять ранее нераспознанную структурную патологию сердца и отбирать пациентов для последующего ЭхоКГ-обследования [21], что является полезным инструментом и фильтром для комплексных программ профосмотров.

Собственные авторские материалы позволили уточнить, какие именно признаки отличают физиологический резерв от скрытой дисфункции у внешне здоровых контингентов. В группе «Спорт» стандартизированная аэробная нагрузка сопровождалась трёхкратным увеличением сердечного выброса с $5,7 \pm 0,8$ до $17,8 \pm 2,2$ л/мин, ростом LVEDV с $174,6 \pm 28,1$ до $193,7 \pm 31,8$ мл, выраженным увеличением ударного объёма, повышением LVEF с $58,4 \pm 4,1$ до $73,3 \pm 4,7\%$ и усилением GLS с $-21,6 \pm 0,4$ до $-22,9 \pm 0,5$. Одновременно возросли RV FAC, S', TAPSE, LAEF, RAEF и тканевые диастолические скорости. Такой профиль отражает полноценный систолический, правожелудочковый, предсердный и диастолический резерв.

В группе «OTS» профиль ответа оказался принципиально иным. После нагрузки LVEDV уменьшался с $146,5 \pm 33,5$ до $127,8 \pm 26,7$ мл, LVSV практически не возрастал, сердечный выброс увеличивался только примерно в 2 раза, главным образом за счёт тахикардии, а GLS ухудшался с $-17,8 \pm 1,1$ до $-16,1 \pm 1,7$. Одновременно снижались RV FAC, S', TAPSE, LAEF, RAEF, e'm и e'l. Межгрупповое сравнение с группой «Спорт» показало противоположную направленность изменений по большинству ключевых параметров, что позволяет рассматривать данный фенотип как модель скрытой дисфункции с отрицательным нагрузочным резервом.

В группе «Стресс» также был выявлен неблагоприятный функциональный профиль. Несмотря на рост LVEF с $63,6 \pm 6,5$ до $77,5 \pm 7,3\%$ и двукратное увеличение сердечного выброса, GLS ухудшался с $-17,6 \pm 1,7$ до $-16,2 \pm 2,0$, RV FAC снижался с $53,1$ до $31,1\%$, TAPSE – с $19,8$ до $16,0$ мм, LAEF – с $71,0$ до $54,5\%$, а тканевые диастолические скорости уменьшались. Это подтверждает, что нормальная или даже высокая фракция выброса после нагрузки не равна сохранной механике миокарда: за красивой цифрой может скрываться цена, которую платит резерв.

Особый интерес представляют данные группы «Север». У работников, приступавших к вахте в экстремальных климатических условиях, при повторной ЭхоКГ покоя LVEDV, LVSV и LVEF существенно не менялись, но GLS ухудшался с $-21,8 \pm 0,5$ до $-16,0 \pm 1,7$, RV FAC снижался с $44,6$ до $25,2\%$, TAPSE – с $23,0$ до $14,5$ мм, а показатели предсердной функции также демонстрировали неблагоприятную динамику. В группе сравнения длительно работающих вахтовиков значения GLS, RV FAC, TAPSE, LAEF и RAEF были существенно

Таблица

Сравнительная клиническая ценность методов ранней диагностики скрытой дисфункции сердца
Comparative clinical value of early diagnosis methods for latent cardiac dysfunction

Метод	Условно здоровые лица	Соматическая патология	Преимущества	Ограничения	Позиция в алгоритме
ЭКГ + стандартная ЭхоКГ и LVEF	Необходимый базовый фильтр, но часто нормальны при снижении резерва	Выявляют явные структурные и насосные изменения, но могут быть мало чувствительны на ранней стадии	Доступность, воспроизводимость, пригодность для массового скрининга	Низкая чувствительность к субклиническим изменениям	Первый шаг у всех пациентов
GLS левого желудочка	Один из самых чувствительных маркеров ранней дисфункции; информативен даже при нормальной LVEF	Высокая чувствительность к раннему субэндокардиальному повреждению и рге-HF	Универсальность, прогностическая значимость.	Зависимость от платформы, возраста, качества изображения	Обязательный компонент углублённой ЭхоКГ
Диастолическая оценка в покое	Может быть нормальной при скрытом дефиците резерва	Особенно информативна при гипертензии, диабете, ожирении и ранней HFpEF.	Помогает оценивать давление наполнения и скрытую HFpEF.	Часть параметров перекрывается с нормой, особенно у тренированных лиц	Второй шаг после стандартной ЭхоКГ
Стресс-эхокардиография	Наиболее информативна: выявляет отрицательный резерв, тахикардический профиль, скрытую правожелудочковую и предсердную дисфункцию	Полезна при ранней HFpEF и нагрузочных симптомах, но применяется более избирательно.	Фиксирует нарушения, не видимые в покое.	Требует стандартизации протокола и опытного оператора	Ключевой метод для функционально перегруженных контингентов
Оценка RV и предсердий	Высоко информативна для выявления раннего многокамерного дефицита резерва	Дополняет основную диагностику, особенно при HFpEF и лёгочной сосудистой нагрузке	Позволяет увидеть многокамерный характер ранней дисфункции.	Реже включается в рутинный подробный анализ	Обязательное дополнение к нагрузочной ЭхоКГ у внешне здоровых
NT-proBNP и hs-тропонин	Нередко остаются нормальными при функциональном стрессе и перетренированности	Высоко полезны для раннего выявления ИБС, кардиомиопатий и стратификации риска	Доступность и хорошая клиническая валидность	Меньшая чувствительность к чисто резервным нарушениям	Обязательны при соматической патологии
KMP: T1/ECV, движение миокарда, контрастное усиление гадолиний в отсроченную фазу	Используется при поиске тканевого субстрата или для исключения скрытой патологии	Один из лучших методов верификации диффузного фиброза, метаболического и токсического поражения	Тканевая характеристика и высокая чувствительность	Стоимость, меньшая доступность, не подходит для массового скрининга	Метод второй линии при соматических фенотипах
AI-ЭКГ	Перспективна для предскрининга больших групп	Полезна для маршрутизации пациентов на визуализацию	Масштабируемость и низкая стоимость на этапе отбора	Не заменяет ЭхоКГ и KMP	Предскрининг и сортировка
Авторская методика СДС	Максимально эффективна: выявляет скрытую дисфункцию при нормальных биомаркерах и сохранной LVEF за счёт анализа ответа на субмаксимальную нагрузку	Может применяться как углубляющий функциональный модуль, но не заменяет биомаркеры и KMP	Оценивает не только покой, но и резерв левого, правого желудочка, предсердий и диастолы	Необходима валидация на более широких выборках	Специализированный метод для лиц экстремальных профессий

Примечание: СДС-скрытая дисфункция сердца; RV FAC- fractional area change правого желудочка; hs -тропонин – высокочувствительный тропонин.

лучше, что позволяет трактовать эти различия как проявление адаптированного и неадаптированного резервного профиля.

На основании сопоставления литературных данных и авторских материалов были выделены ключевые критерии скрытой дисфункции сердца у условно здоровых и функционально перегруженных лиц: 1) ухудшение GLS в покое при сохранной LVEF и нормальном минутном объёме; 2) низкий LVEDV в покое и отсутствие его физиологического прироста на нагрузку; 3) тахикардический прирост CO при слабом или отрицательном приросте LVSV; 4) нагрузочно-индуцированное снижение RV FAC, S', TAPSE, LAEF и RAEF; 5) ухудшение $e'm$ и $e'l$ как признак скрытой диастолической дисфункции. Эти критерии легли в основу фенотип-ориентированного алгоритма, представленного на рисунке.

Обсуждение результатов

Полученные результаты показывают, что скрытая дисфункция сердца не может быть полноценно охарактеризована одним тестом и одной физиологической моделью. У пациентов с соматической патологией ведущим механизмом часто является хроническое структурно-метаболическое ремоделирование. Соответственно, у них диагностическая логика строится от покоя к верификации: сначала используются ЭхоКГ с GLS, алгоритм диастолической функции и биомаркеры, а затем, при необходимости, КМР для уточнения тканевого субстрата. У условно здоровых лиц с высокой нагрузкой ведущим механизмом нередко выступает ограничение резерва.

Основным преимуществом strain-эхокардиографии является её относительная универсальность. Показатель GLS чувствителен и при соматической

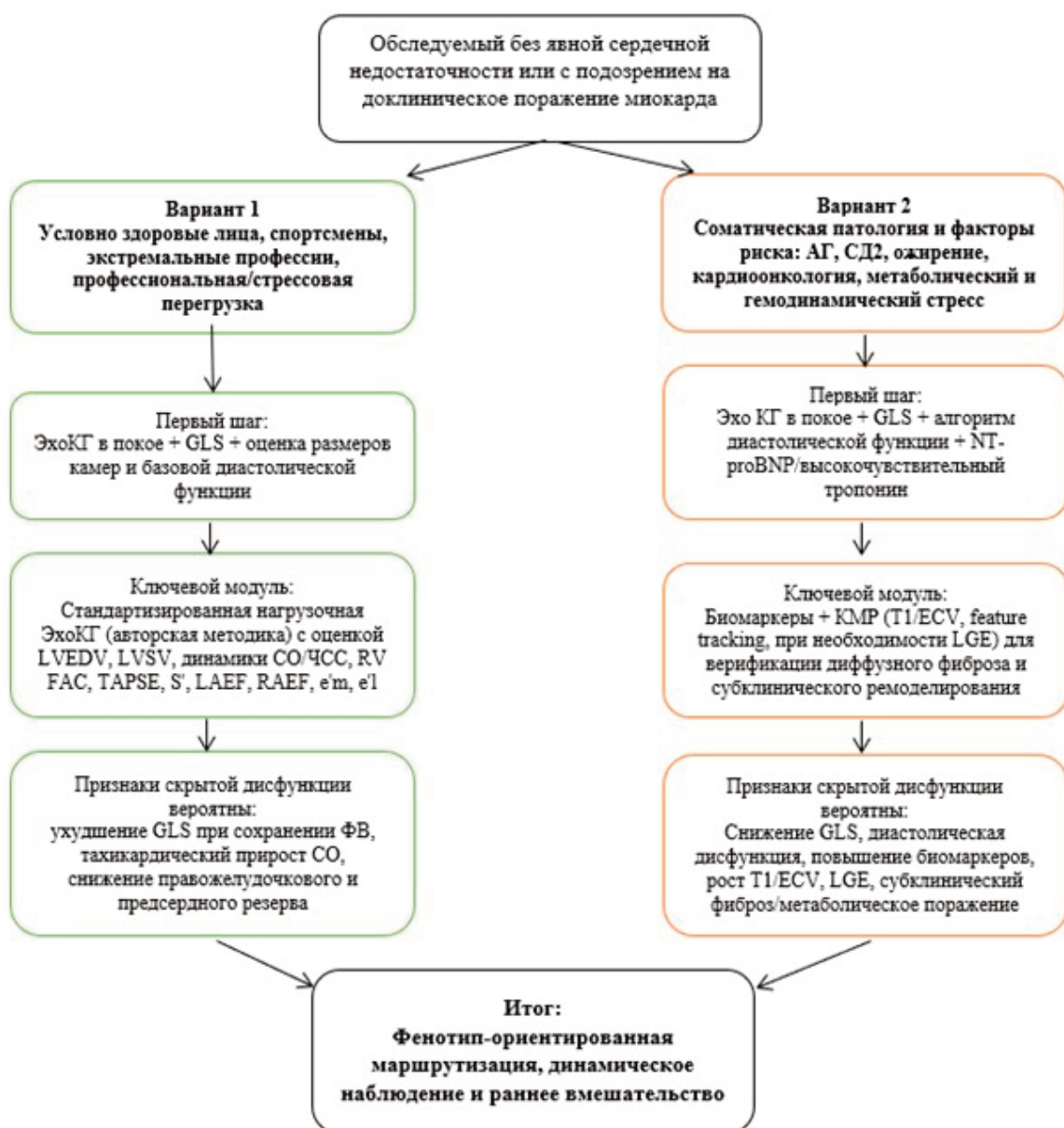


Рисунок. Фенотип-ориентированный алгоритм ранней диагностики скрытой дисфункции сердца

Figure. A phenotype-based algorithm for early diagnosis of latent cardiac dysfunction

патологии, и в профессионально перегруженных группах. Но его роль в этих фенотипах различна. В первом случае GLS часто является маркером уже начавшегося субэндокардиального повреждения и ремоделирования; во втором – индикатором того, что сердце даже в покое механически работает менее эффективно, чем должно работать у данного контингента. Поэтому интерпретация GLS без фенотипического контекста приводит либо к гипердиагностике, либо к пропуску значимых изменений.

Авторская методика не конкурирует с рекомендациями ASE, AHA или ESC, а дополняет их за счёт стандартизированной оценки резервных реакций, что важно для мониторинга спортсменов, лиц экстремальных профессий, руководителей с хроническим стрессом и работников Крайнего Севера. В этих группах биомаркеры могут оставаться нормальными, а явной структурной патологии ещё нет. В рамках представленных данных реализован тест, позволяющий через расширенную ЭхоКГ в покое и в течение первой минуты после аэробной нагрузки получить и оценить клинический профиль ответа на физическое усилие.

Отдельного внимания заслуживает правый желудочек и предсердия. В рутинной практике они часто оцениваются как второстепенные параметры, однако материалы авторской методики показывают, что именно RV FAC, TAPSE, S', LAEF и RAEF могут оказаться ранними и высокочувствительными признаками скрытой дисфункции в функционально перегруженных группах. Это согласуется с современными представлениями о сердечной дисфункции как о многокамерном процессе, в котором ранние нарушения координации и наполнения могут предшествовать явной левожелудочковой недостаточности.

У пациентов с соматической патологией наибольшую ценность, напротив, сохраняют методы, ориентированные на тканевую и биохимическую верификацию. Повышение NT-proBNP у бессимптомного пациента с диабетом или гипертензией, ухудшение GLS при сохранной LVEF, рост T1 и ECV на КМР, субклинические изменения при оценке механики и деформации миокарда – это разные отражения одного и того же процесса, а именно перехода от фактора риска к морфофункциональному поражению миокарда. Поэтому для таких пациентов оптимальна ступенчатая стратегия: клиническая стратификация, ЭхоКГ с GLS, биомаркеры и КМР при необходимости углублённой фенотипизации.

AI-ЭКГ, вероятно, будет играть все более важную роль в популяционном и профессиональном скрининге. Однако это скорее инструмент маршрутизации, а не диагностики, так как не заменяет анализ нагрузки, камерного резерва или диффузного фиброза. AI-ЭКГ может быть эффективна при большом потоке пациентов, и низком ресурсе экспертного ЭхоКГ.

С методологической точки зрения настоящая работа подчёркивает необходимость различать два уровня ранней кардиодиагностики. Первый уровень – универсальный, пригодный для широкой клинической практики: ЭхоКГ с GLS, диастолическая оценка, биомаркеры. Второй уровень – фенотип-специфический: нагрузочная многокамерная

эхокардиография для функционально перегруженных контингентов и КМР – отслеживание отклонений для соматических фенотипов с предполагаемым тканевым субстратом. Именно такая двухконтурная модель представляется наиболее реалистичной для систем здравоохранения, где нужно сочетать чувствительность, стоимость и воспроизводимость.

Таким образом, ранняя диагностика скрытой дисфункции сердца должна строиться с учётом фенотипа. Для пациентов с соматической патологией ключом становится раннее выявление структурно-метаболического ремоделирования; для условно здоровых лиц – раннее выявление дефицита резерва. Авторская методика представлена в виде вторично анализируемых материалов и преимущественно основана на мужских выборках, что требует дальнейшей валидации у женщин и в более широкой возрастной структуре. Кроме того, strain-показатели зависят от оборудования и программного обеспечения, а нагрузочные протоколы требуют стандартизации. В тоже время сочетание современной доказательной базы и функциональной авторской методики позволяет рассматривать её в системе клинически значимых методов ранней диагностики скрытой дисфункции сердца.

Заключение

Скрытая дисфункция сердца представляет собой гетерогенный доклинический синдром, который может проявляться нарушением продольной сократимости, диастолической релаксации, правожелудочкового и предсердного резерва при сохранной или малоизменённой фракции выброса. Наиболее универсальным методом первой линии является эхокардиография с оценкой GLS, однако её диагностическая ценность значительно возрастает при интерпретации в фенотипическом контексте и в сочетании с диастолическими и камерными параметрами. У пациентов с соматической патологией наибольшую информативность демонстрирует мультимодальная комбинация ЭхоКГ с GLS, алгоритмической оценки диастолической функции, NT-proBNP/высокочувствительных тропонинов и кардиальной МРТ с T1/ECV-картированием. У условно здоровых лиц с высокой профессиональной, спортивной или климатической нагрузкой наиболее чувствительным подходом является стандартизированная нагрузочная многокамерная эхокардиография, позволяющая выявлять отрицательный резерв даже при нормальных биомаркерах и сохранной LVEF.

Результаты сравнительной оценки свидетельствуют о целесообразности авторской методики ранней диагностики скрытой дисфункции сердца для скрининга и динамического наблюдения спортсменов и лиц экстремальных профессий, поскольку она выявляет сочетание ухудшения GLS, ограниченного прироста LVSV, тахикардического ответа, правожелудочковой, предсердной и диастолической дисфункции на нагрузку. Наиболее перспективной диагностической моделью является фенотип-ориентированная система, объединяющая первичный скрининг, углублённую эхокардиографию, биомаркеры, КМР и, при необходимости, AI-ЭКГ как инструмент первичной сортировки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

1. Шарыкин А.С., Бадтиева В.А., Иванова Ю.М., Усманов Д.М. и др. Возможности эхокардиографического скрининга у спортсменов. Часть 2. Структурные изменения сердца // Спортивная медицина: наука и практика. 2023. Т.13. №1. С. 5-20 [Sharykin A.S., Badtieva V.A., Ivanova Yu.M., Usmanov D.M., et al. Possibilities of Echocardiographic Screening in Athletes. Part 2. Structural Changes in the Heart. *Sportivnaya Meditsina: Nauka i Praktika* = Sports Medicine: Science and Practice. 2023;13;1:5-20 (In Russ.)]. Doi: 10.47529/2223-2524.2023.1.11
2. Мацкеплишвили С.Т., Саидова М.А., Мироненко М.Ю., Сафарова А.Ф., Павлюкова Е.Н., Бощенко А.А., Ярославская Е.И., Ахундова С.Ю., Скидан В.И., Иртыга О.Б., Козленок А.В., Федорова Д.Н. Выполнение стандартной трансторакальной эхокардиографии: Методические рекомендации 2024 // Российский кардиологический журнал. 2025. Т.30. №2. С. 62-71 [Matskeplishvili S.T., Saidova M.A., Mironenko M.Yu., Safarova A.F., Pavlyukova E.N., Boshchenko A.A., Yaroslavskaya E.I., Akhunova S.Yu., Skidan V.I., Irtuga O.B., Kozlenok A.V., Fedorova D.N. Standard Transthoracic Echocardiography. Guidelines 2024. *Rossiyskiy Kardiologicheskii Zhurnal* = Russian Journal of Cardiology. 2025;30;2:62-71 (In Russ.)]. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6271.
3. Шарыкин А.С. и др. Сердце спортсмена: явные и скрытые угрозы // Российский кардиологический журнал. 2022. Т.27. №6S. С. 60-61 [Sharykin A.S., et al. The Athlete's Heart: Obvious and Hidden Threats. *Rossiyskiy Kardiologicheskii Zhurnal* = Russian Journal of Cardiology. 2022;27;6S:60-61 (In Russ.)]. doi: 10.15829/1560-4071-2022-6S.
4. Шлык Н.И., Гаврилова Е.А. Вариабельность ритма сердца в экспресс-оценке функционального состояния спортсмена // Прикладная спортивная наука. 2015. №2. С. 115-125 [Shlyk N.I., Gavrilova E.A. Heart Rate Variability in the Rapid Assessment of the Functional State of an Athlete. *Prikladnaya Sportivnaya Nauka* = Applied Sports Science. 2015;2:115-125 (In Russ.)].
5. Heidenreich PA, Bozkurt B, Aguilar D, et al. 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2022;145(18):e895-e1032. doi:10.1161/CIR.0000000000001063.
6. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al. 2021 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure. *Eur Heart J*. 2021;42(36):3599-3726. doi:10.1093/eurheartj/ehab368.
7. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al. 2023 Focused Update of the 2021 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure. *Eur Heart J*. 2023;44(37):3627-3639. doi:10.1093/eurheartj/ehad195.
8. Bayes-Genis A, Docherty KF, Petrie MC, et al. Practical Algorithms for Early Diagnosis of Heart Failure and Heart Stress Using Nt-Probnp: a Clinical Consensus Statement from the Heart Failure Association of the ESC. *Eur J Heart Fail*. 2023;25(10):1891-1898. doi:10.1002/ehfj.3036.
9. Mihos CG, et al. Speckle-Tracking Strain Echocardiography for the Assessment of Left Ventricular Structure and Function: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2025;152(10):e96-e109. doi:10.1161/CIR.0000000000001354.
10. Nagueh SF, Sanborn DY, Oh JK, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography and for Heart Failure with Preserved Ejection Fraction Diagnosis: an Update From the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2025;38(7):537-569. doi:10.1016/j.echo.2025.03.011.
11. Haji K, Huynh Q, Wong C, Stewart S, Carrington M, Marwick TH. Improving the Characterization of Stage A and B Heart Failure by Adding Global Longitudinal Strain. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15(8):1380-1387. doi:10.1016/j.jcmg.2022.03.007.
12. Nyberg J, Jakobsen EO, Ostvik A, et al. Echocardiographic Reference Ranges of Global Longitudinal Strain for All Cardiac Chambers Using Guideline-Directed Dedicated Views. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;16(12):1516-1531. doi:10.1016/j.jcmg.2023.08.011.
13. Nagueh SF, Khan SU. Left Atrial Strain for Assessment of Left Ventricular Diastolic Function: Focus on Populations with Normal LVEF. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;16(5):691-707. doi:10.1016/j.jcmg.2022.10.011.
14. Laws JL, Ruiz Maya T, Gupta DK. Stress Echocardiography for Assessment of Diastolic Function. *Curr Cardiol Rep*. 2024;26(12):1461-1469. doi:10.1007/s11886-024-02142-2.
15. Yuasa N, Harada T, Kagami K, Ishii H, Obokata M. The Roles of Exercise Stress Echocardiography for the Evaluation of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction in the Heart Failure Pandemic Era. *J Med Ultrason* (2001). 2024;51(3):437-445. doi:10.1007/s10396-024-01468-2.
16. Doyle RS, Walsh R, Walsh J, Temperley HC, McCormick J, Giblin G. Systematic Review and Meta-Analysis of Cardiac MRI T1 and ECV Measurements in Pre-Heart Failure Populations. *Hearts*. 2025;6(3):22. doi:10.3390/hearts6030022.
17. Fang B, Liao W, Zhong J, Zhong J. Subclinical Myocardial Dysfunction Assessed by Cardiac Magnetic Resonance Feature Tracking Predicts Ventricular Arrhythmias in Early-Stage Hypertension. *Front Cardiovasc Med*. 2025;12:1632100. doi:10.3389/fcvm.2025.1632100.
18. Li XM, Jiang L, Liu X, et al. Myocardial Interstitial Fibrosis and Subclinical Left Ventricular Systolic Dysfunction in Type 2 Diabetes Mellitus Patients with Obesity: a 3.0 T MRI Study. *Cardiovasc Diabetol*. 2025;25(1):22. doi:10.1186/s12933-025-03025-8.
19. Mohamed AA, et al. Assessment of Native Myocardial T1 Mapping for Early Detection of Anthracycline-Induced Cardiotoxicity in Patients with Cancer: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiovasc Toxicol*. 2024;24(6):563-575. doi:10.1007/s12012-024-09866-1.
20. Poterucha TJ, Jing L, Pimentel Ricart R, et al. Detecting Structural Heart Disease from Electrocardiograms Using AI. *Nature*. 2025;644(8075):221-230. doi:10.1038/s41586-025-09227-0.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 12.04.2026. **Принята к публикации:** 05.05.2026.

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: 12.04.2026. **Accepted for publication:** 05.05.2026

А.Т. Бетуганова¹, Ю.Д. Удалов¹, Т.А. Мартынова¹, А.А. Захарова², В.М. Медведева², П.Ю. Урванова², О.В. Паринов¹

ОСВЕДОМЛЁННОСТЬ О ПРАВИЛАХ ДОМАШНЕГО МОНИТОРИРОВАНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ: НАЗРЕЛА НЕОТЛОЖНАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ В СТАНДАРТИЗИРОВАННОМ ОБУЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ

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

²ФГАО ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Контактное лицо: Бетуганова Альбина Тимуровна: betuganova28@gmail.com

Резюме

Введение: для принятия решений по лечению пациентов с артериальной гипертензией в настоящее время во всём мире широко применяется домашнее мониторирование артериального давления (ДМАД). Целью данного исследования было получение данных о том, насколько следуют пациентам правилам по измерению АД в домашних условиях, получают ли они обучение, и как качество ДМАД зависит от полученных при этом сведений.

Материалы и методы: было проведено исследование, включающее бумажный и онлайн-опросник среди 82 взрослых жителей г. Москвы. Бумажный опрос проводился среди участников «школ домашнего мониторирования», проводимых на базе комплексного врачебного здравпункта 3 уровня ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, непосредственно перед проведением «школ»; онлайн-опрос проводился вне привязки к клинической базе, среди жителей г. Москвы.

Результаты: ни одна из научно обоснованных рекомендаций по ДМАД не соблюдалась всеми участниками в полной мере. Большая часть опрошенных проводили измерение АД не в соответствии с заранее установленным графиком. Чаще участники не избегали измерения АД в состоянии стресса, дискомфорта или боли, а наоборот, были вынуждены измерять АД из-за симптомов. При сравнении подгрупп пациентов, разделённых по наличию утвердительного ответа на вопрос о полученном обучении, не получено статистически достоверных отличий в показателях соблюдения подготовки и условий измерения, а также их расписания.

Вывод: для долгосрочного мониторинга АД необходимо стандартизированное обучение схемам измерения (например, таким, как протокол «722»), которые позволили бы врачам принимать адекватные и научно обоснованные клинические решения, основываясь на них.

Ключевые слова: домашнее мониторирование артериального давления, обучение пациентов, артериальная гипертензия

Для цитирования: Бетуганова А.Т., Удалов Ю.Д., Мартынова Т.А., Захарова А.А., Медведева В.М., Урванова П.Ю., Паринов О.В. Осведомлённость о правилах домашнего мониторирования артериального давления: назрела неотложная необходимость в стандартизированном обучении пациентов //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 59–65 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-59-65

A.T. Betuganova¹, Yu.D. Udalov¹, T.A. Martynova¹, A.A. Zakharova², V.M. Medvedeva², P.Y. Urvanova², O.V. Parinov¹

Awareness of Home Blood Pressure Monitoring: There is an Urgent Need for Standardized Patient Education

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

²Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Contact person: Betuganova Albina Timurovna: betuganova28@gmail.com

Abstract

Introduction: home blood pressure monitoring (HBPM) is currently widely used worldwide to guide treatment decisions for patients with arterial hypertension. The aim of this study was to obtain data on the extent to which patients adhere to home blood pressure measurement guidelines, whether they receive training, and how the quality of HBPM depends on the information obtained.

Materials and Methods: a study was conducted among 82 adult residents of Moscow, including a paper-based and online questionnaire. The paper-based survey was administered to participants in "HBPM schools" held at the Level 3 Medical Clinical Outpatient Clinic of the A.I. Burnazyan Federal Medical and Biological Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia immediately prior to the "schools." The online survey was conducted independently among Moscow residents.

Results: none of the evidence-based HBPM recommendations were fully followed by all participants. Most respondents did not measure their blood pressure according to the predetermined schedule. Participants did not avoid measuring BP when under stress, discomfort, or pain, but rather were compelled to measure BP due to symptoms. When comparing subgroups of patients divided by whether they had responded affirmatively to the question about receiving training, no statistically significant differences were found in compliance with training, measurement conditions, or the measurement schedule.

Conclusion: long-term blood pressure monitoring requires standardized training in measurement protocols (such as the "722" protocol) to enable physicians to make appropriate and evidence-based clinical decisions based on these protocols.

Keywords: home blood pressure monitoring, patient education, hypertension

For citation: Betuganova AT, Udalol YuD, Martynova TA, Zakharova AA, Medvedeva VM, Urvanova PY., Parinov O.V. Awareness of Home Blood Pressure Monitoring: There is an Urgent Need for Standardized Patient Education. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:59-65. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-59-65

Введение

Контроль высокого артериального давления (АД) является наиболее эффективным способом снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний. Для принятия решений по лечению пациентов с артериальной гипертензией (АГ) в настоящее время во всём мире широко применяется домашнее мониторирование артериального давления (ДМАД), которое, впрочем, в России описано только в единичных рекомендациях, таких как, например, национальное руководство по функциональной диагностике [1], и зачастую характеризуется подходом, обусловленным стихийно сложившимися практиками.

Между тем, современное развитие медицинской науки привело к тому, что ДМАД, ранее считавшееся только лишь дополнением к суточному мониторингованию АД, теперь вышло на первое и главное место в диагностическом процессе. Так, клинические рекомендации АНА/АСС 2025 года указывают на уровень доказанности 1А для использования ДМАД в качестве предпочтительного инструмента для долгосрочного наблюдения и подбора терапии [2].

Вследствие технологического прогресса, в результате которого возникли автоматические электронные осциллометрические устройства [3], ДМАД стало не только наиболее ценным инструментом для принятия клинических решений за последние десятилетия [4], но и приемлемым, недорогим методом, улучшающим контроль АГ, увеличивающим приверженность пациентов, одновременно снижая клиническую инерцию врачей.

Руководства и учебные пособия для врачей всех специальностей [5], включая функциональную диагностику [1] и даже акушерство [6, 7] подробно определяют условия по измерению АД в домашних условиях: так, при 7-дневной схеме АД следует измерять в положении сидя дважды в каждом подходе утром и вечером, в тихом помещении, после отдыха и т.д., при этом решающее значение имеет среднее из полученных 28 измерений [5, 8]. Во многих странах распространено обозначение такой схемы как «722», что основано на простом мнемоническом приёме: 7 дней, 2 подхода, 2 измерения в каждом подходе.

Измерение АД в соответствии с рекомендациями обеспечивает стандартизированный подход к ДМАД. Несоблюдение рекомендаций по измерению АД может привести к неточным измерениям и ввести в заблуждение при принятии решений по лечению АГ.

Немаловажным в получении качественных результатов ДМАД является обучение пациента. Исследования последних лет подчёркивают данное обстоятельство [9]. Такие мероприятия необходимы для предоставления знаний и навыков, критичных для измерения АД в соответствии со стандартизированным подходом, и, соответственно, для достижения наиболее эффективного контроля АГ. Однако,

в настоящее время неизвестно, получают ли надлежащее обучение пациенты в Российской Федерации и соответствуют ли их измерения АД научно доказанным рекомендациям. В связи с этим, целью данного исследования было получение данных о том, насколько следуют пациенты правилам по измерению АД в домашних условиях, получают ли они обучение, и как качество ДМАД зависит от полученных при этом сведениях.

Материалы и методы

В период с января по апрель 2026 года было проведено исследование с использованием смешанных методов, включающее бумажный и онлайн-опросник среди взрослых жителей г. Москвы. Для разработки опросника использовался прототип, опубликованный Clapham E. и соавторами (2025) [9], но доработанный до полного охвата всех правил измерения АД, так как указанные исследователи упустили ряд важных условий, например, опорожнение мочевого пузыря и т.п., и ряд вопросов в нём подразумевал неоднозначные ответы. Опросник включал также основные демографические вопросы (возраст, пол, образование, отношение к трудовой деятельности), краткую анкету о состоянии здоровья и вопросы, касающиеся полученного обучения по ДМАД.

Бумажный опрос проводился среди участников «школ домашнего мониторингования», проводимых на базе комплексного врачебного здравпункта 3 уровня ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, непосредственно перед проведением «школ»; онлайн-опрос проводился вне привязки к клинической базе, среди жителей г. Москвы.

Вопросы анкеты были основаны на рекомендациях международных руководств, цитируемых в российской литературе [1, 4, 5, 6] и охватывали расписание ДМАД, подготовку к измерению АД, подбор манжеты прибора для измерения АД, условия измерения, запись и отчетность о показаниях. Дополнительные вопросы включали полученное обучение по проведению ДМАД. Оценивался также уровень медицинской грамотности. Участники были отнесены к категории лиц с недостаточным уровнем медицинской грамотности, если они ответили «всегда», «часто» или «иногда» на вопросы: 1) трудности с пониманием письменной информации; 2) необходимость помощи в чтении больничных материалов; и/или неуверенность при заполнении форм при анкетировании.

Обезличенные данные опроса были проанализированы в SPSS Statistics (IBM). Категориальные данные выражены в абсолютном значении и процентах. Для определения наличия связи между шагами, предпринимаемыми для измерения АД в домашних условиях, и обучением измерению использовался критерий χ^2 Пирсона.

Таблица 1

Характеристика пациентов Characteristics of patients

Показатель	Количество, n (%)
Женский пол	63 (76,8)
Возрастной ранг:	
18–29	32 (39)
30–39	8 (9,8)
40–49	11 (13)
50–59	8 (9,8)
60–69	16 (19,5)
≥70 лет	7 (8,5)
Статус занятости:	
полный рабочий день	34 (41,5)
неполный рабочий день	6 (7,3)
не трудоустроен	3 (3,7)
на пенсии	11 (13,4)
инвалид	3 (3,7)
Уровень образования:	
средняя школа	5 (6,1)
профессиональная квалификация	8 (9,8)
студент ВУЗа	25 (30,5)
высшее образование	44 (53,7)
Факторы риска:	
заболевание с/с системы	29 (35,4)
ожирение	10 (12,2)
диабет	5 (6,1)
заболевания почек	4 (4,9)
Рекомендовал измерять АД:	
Врач поликлиники	26 (25)
Кардиолог	11 (10,6)
Эндокринолог	1 (1)
Работник аптеки	2 (1,9)
Диетолог или нутрициолог	1 (1)
Медсестра	4 (3,8)
Член семьи/Друг	33 (31,7)
Другое	22 (21,2)

Результаты

Характеристика участников опроса (n=82) представлена в табл. 1. У большинства участников ранее был диагностирован высокий уровень АД. Рекомендацию проводить ДМАД от врача поликлиники получили 26 (25 %), от кардиолога 11 человек (10,6%). Более половины опрошенных получили рекомендацию измерять АД дома не от медицинских работников.

Таблица 2

Соблюдение подготовки и условий измерения Compliance with preparation and measurement conditions

Рекомендация	Всегда, n (%)	Иногда, n (%)	Не уверен, n (%)
Избегать физических упражнений за 30 минут до измерения	45 (54,9)	14 (17,1)	23 (28)
Избегать курения, употребления кофе или чая за 30 минут до измерения	36 (43,9)	15 (18,3)	31 (37,8)
Избегать употребления пищи за 30 минут до измерения	12 (14,6)	21 (25,6)	49 (59,8)
Не измерять АД во время стресса, дискомфорта или боли	17 (20,7)	30 (36,6)	35 (42,7)
Измерять АД перед приемом лекарств, но не после.	24 (29,3)	7 (8,5)	51 (62,2)
Сидеть во время измерения АД	64 (78)	7 (8,5)	11 (13,4)
Опорожнить мочевой пузырь перед измерением	22 (26,8)	13 (15,9)	47 (57,3)
Надевать манжету на голую руку без одежды	62 (75,6)	13 (15,9)	7 (8,5)
Рука с манжетой должна поддерживаться и быть расслаблена	67 (81,7)	9 (11)	6 (7,3)
Измерять АД в помещении с комфортной температурой	57 (69,5)	9 (11)	16 (19,5)
Не скрещивать ноги и держать обе ступни на полу во время измерения	52 (63,4)	12 (14,6)	18 (22)
Избегать отвлекающих факторов и разговора во время измерения	49 (59,8)	17 (20,7)	16 (19,5)
Обеспечить поддержку (опору) спины во время измерения	39 (47,6)	24 (29,3)	19 (23,2)
Делать два измерения при каждом подходе	15 (18,3)	29 (35,4)	38 (46,3)

Ни одна из рекомендаций по условиям измерения АД дома не соблюдалась всеми участниками в полной мере (табл. 2). Рекомендации, которым следовало большинство участников, были: избегать физических нагрузок (n=45, 54,9%); измерять АД сидя (n=64, 78%); измерение в помещении с комфортной температурой (n=57, 69,5%); не скрещивать ноги (n=52, 63,4%) избегать отвлекающих факторов (49 человек, 59,8%). Реже всего соблюдалась рекомендация избегать употребления пищи за 30 минут и опорожнять мочевой пузырь перед измерением (12, /14,6% и 22 человек, 26,8% соответственно).

Лишь 14 человек (17,1%) знали о марке используемого сфигмоманометра, что свидетельствует об отсутствии осведомленности о необходимости использовать валидированное устройство. Как показала дальнейшая беседа, ни один человек, участвующий в «школах домашнего мониторинга» не знал о такой необходимости.

В табл.3 представлены сведения об осведомленности о необходимом расписании измерений. Схема «722» (7 дней перед посещением врача, 2 подхода с 2 измерениями в каждом) не соблюдалась ни одним участником опроса.

Участники исследования не описывали измерение АД по стандартизированному методу, а использовали «импровизированный» подход, каждый раз выполняя разные шаги. Хотя 15 человек (18,3%) проводили два измерения АД за один сеанс, большинство опрошенных (n=42, 38,9%) проводили измерения в разное время, не придерживаясь какой-либо схемы или расписания. Существенная часть участников (n=51, 43,2%) измеряли АД лишь тогда, когда появлялись какие-либо симптомы.

При этом почти половина опрошенных (n=43, 48,3%) не записывали показатели, полученные при измерениях. Менее половины участников сообщали врачу о результатах измерения АД в домашних условиях (n=38, 46,3%). Небольшая часть опрошенных пыталась сообщить результаты, но не была уверена, что врачи используют их показания для принятия решений по лечению АГ (n=10, 12,2%).

Таблица 3

Соблюдение расписания проведения измерений, запись и интерпретация
Observing the measurement schedule, recording and interpretation

Условие	Количество людей, соблюдающих его, n (%)
Частота измерений	
Каждый день	8 (9,8)
Несколько раз в неделю	7 (8,5)
Раз в неделю	4 (4,9)
Несколько раз в месяц	14 (17,1)
Раз в месяц	8 (9,8)
Несколько раз в год	23 (28)
Раз в год	4 (4,9)
Раз в несколько лет	5 (6,1)
В точности, как предпишет врач	9 (11)
После смены лекарства	2 (1,7)
Подходов в день	
Утром	22 (20,4)
В середине дня	6 (5,6)
Вечером	20 (18,5)
Ночью	1 (0,9)
В любое время дня	42 (38,9)
В разное время каждый день	5 (4,6)
Запись и интерпретация результатов	
Запись измерений в блокнот или лист бумаги	17 (19,1)
Запись измерений в приложение	3 (3,4)
Измерения записываются в приборе	9 (10,1)
Запись измерений на компьютере или телефоне	4 (4,5)
Запись измерений в специальный бланк	4 (4,5)
Не записывают ничего	43 (48,3)
Учёт средней величины всех измерений	42 (51,2)

В табл. 4 представлены источники информации о ДМАД. Качество информации было недостаточно высоким, так как часто участников исследования измерению АД обучали не медицинские работники, а члены семьи или друзья (n=27, 28%) либо обучения не было (n=29, 30,2%). Почти все участники опроса сообщили, что сами искали информацию об измерении АД, часто с использованием Интернет (n=25, 19,8%).

Половина участников исследования дали утвердительный ответ на вопрос об обучении измерению в домашних условиях ранее (n=45, 54,9%). Однако, при сравнении подгрупп пациентов, разделённых по наличию утвердительного ответа на вопрос о полученном обучении, не получено статистически достоверных отличий в показателях соблюдения подготовки и условий измерения, а также их расписания ($p>0,05$; за исключением требования «сидеть во время измерения»).

Обсуждение

Крупные и влиятельные международные организации, такие как АНА/АСС и ESH рекомендуют проводить ДМАД для улучшения контроля АД [2 – 10].

Таблица 4

Источники информации об измерении АД дома
Sources of information about measuring blood pressure at home

Условие	Количество, n (%)
Измерению АД обучал:	
Врач поликлиники	9 (9,4)
Кардиолог	3 (3,1)
Эндокринолог	1 (1)
Работник аптеки	2 (2,1)
Медсестра	5 (5,2)
Медицинский работник других специальностей	9 (9,4)
Член семьи/Друг	27 (28,1)
Другое	11 (11,5)
Не обучали	29 (30,2)
Источники информации о правилах измерения:	
В Интернете	25 (19,8)
В магазине при продаже устройства	3 (2,4)
В библиотеке	0
Врач поликлиники	16 (12,7)
Кардиолог	9 (7,1)
Знакомый медицинский работник	11 (8,7)
Фармацевт	2 (1,6)
Эндокринолог	1 (0,8)
Диетолог или нутрициолог	0
Медсестра	4 (3,2)
Медицинский работник смежных специальностей	4 (3,2)
Член семьи	32 (25,4)
Друг	4 (3,2)
Другое	7 (5,6)
Не получал информации	8 (6,3)

Всемирная организация здравоохранения определила «оказание помощи при гипертонии на дому» в качестве приоритетного направления исследований в области оказания помощи при АГ. Поэтому ДМАД признается неотъемлемым аспектом улучшения долгосрочного мониторинга и контроля АД, а в случае позиции АНА/АСС – предпочтительным [2]. Однако данные литературы указывают на то, что не все взрослые люди, измеряющие АД дома, следуют этим рекомендациям, и, более того, медицинские работники неохотно используют показания АД, измеренные дома, для принятия клинических решений из-за сомнений в точности этих показаний [9, 11]. По всей видимости, недостаточная осведомленность о рекомендуемых условиях для ДМАД является ключевым препятствием для получения высококачественных диагностических данных.

По сравнению с имеющимися литературными сведениями, данные нашего опроса демонстрируют ещё более катастрофическую ситуацию, чем описывают вышеуказанные авторы. По сравнению с результатами опросов в зарубежных исследованиях, жители Москвы чаще не учитывают необходимость должной подготовки к измерениям. Большая часть участников опроса проводили измерение АД в ответ на симптомы, такие как головные боли, а не в соответствии с заранее установленным графиком. Чаще

участники не избегали измерения артериального давления в состоянии стресса, дискомфорта или боли, а наоборот, были вынуждены измерять АД из-за симптомов. Такой подход к ДМАД, основанный на симптомах, является ключевым барьером для высококачественной диагностики [9]. Несмотря на то, что участники искали информацию об измерении АД, они продемонстрировали плохое знание этапов измерения и не следовали научно обоснованным рекомендациям.

Вызывает беспокойство ложная убежденность пациентов в том, что они получали должное обучение: не смотря на утверждения об его получении, соблюдение подготовки, условий измерения и их расписания ничем не отличалось от подобных показателей в подгруппе пациентов, сообщающих об отсутствии обучения. Следовательно, и качество диагностической информации было одинаково низким в обеих подгруппах.

Крайне важно отметить проблему использования валидированных устройств для ДМАД, так как они менее доступны и имеют более высокую стоимость, и по этой причине пациенты могут приобретать невалидированные сфигмоманометры [12]. Между тем, практически во всех клинических рекомендациях содержится требование о данных качествах применяемых приборов [13]. Особенно актуальна проблема валидаций в Российской Федерации. Не смотря на наличие доступных монографий [14], обучающих валидационным исследованиям, такие работы в стране практически не проводятся, не смотря на их быструю выполнимость и малую затратность по сравнению с другими научными исследованиями. Между тем, известно, что даже если сфигмоманометр успешно прошёл валидацию на стандартной общей группе пациентов, это не делает его пригодным автоматически в других, специальных группах, таких как пожилые люди, беременные женщины, подростки, дети, пациенты с хронической болезнью почек или установленным сердечно-сосудистым заболеванием [3], и даже молодые студентки с недостаточной массой тела [15]. Наш опрос показал, что большинство пациентов не только не осведомлены о том, валидировано ли применяемое устройство, но и затрудняются назвать его марку.

Эти результаты не только дают важные сведения о низком качестве реальных показаний ДМАД, но и указывают на ключевые области для улучшения его качества, что может привести к повышению доверия к методу среди медицинских работников. Исследования, имеющиеся в литературе, показывают, что пациенты, получившие должное и правильное обучение по ДМАД, чаще следуют рекомендациям руководств по АД [16]. Но не всегда обучение может обозначать получение в дальнейшем высококачественных диагностических данных. Низкое качество практики ДМАД и поддержания здоровья может наблюдаться, если применяются образовательные программы, недостаточно хорошо отвечающие образовательным потребностям пациентов [17], например, содержащие только общие слова об АД, но не дающие конкретные инструкции по процедуре и расписанию измерений.

Таким образом, стратегии обучения ДМАД должны основываться на научно обоснованных рекомендациях, разрабатываться с учетом потребностей людей в повышении уровня грамотности, которые, например, могут быть выявлены анкетированием, подобным применяемому в настоящей работе. На наш взгляд, могут быть вполне успешны групповые «школы», подобные тем, что проводятся на базе комплексного врачебного здравпункта 3 уровня ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Анкетирование при этом само по себе может быть элементом обучения, и его следует проводить перед «школой», в которой затем раскрываются вопросы, имеющиеся в опроснике.

Отличным примером усилий по повышению осведомленности общественности о ДМАД является компания «722 GO for Health» запущенная Тайваньским обществом гипертензии и Тайваньским обществом кардиологии. Термин «Протокол 722» был разработан для повышения осведомленности общественности, и, благодаря своей мнемонической структуре, легко запоминается [18]. Аналогично, в Российской Федерации может быть запущена компания с лозунгом «Делай 722» или подобным.

Кроме того, медицинские работники, оказывающие помощь пациентам, измеряющим АД дома, сами должны быть обучены процедурам измерения АД, описанных в ключевых руководствах и рекомендациях [2, 10], либо в транслированных для применения русскоязычными специалистами статьях, руководствах и учебных пособиях [1, 3-8]. Такое обучение и подготовка могут стать возможностью для внедрения совместного, командного подхода к улучшению лечения пациентов. Как показывают исследования, командный подход обеспечивает большее снижение систолического АД и является более экономически эффективным для долгосрочного контроля АД [19]. Наше исследование показало, что лишь немногие участники взаимодействовали с медицинскими работниками при получении обучения по ДМАД и при сообщении об его результатах, что, к сожалению, указывает на отсутствие такого подхода. Это подчеркивает необходимость не только обучения медицинских работников оказанию поддержки и обучению пациентов, но и внедрения в условиях российского здравоохранения стратегий для эффективного взаимодействия медицинских работников с пациентами и между собой.

Заключение

Наше исследование показало, что взрослые москвичи не измеряют АД в соответствии с научно обоснованными рекомендациями, и, хотя некоторые участники исследования искали дополнительную информацию по ДМАД, в общей сложности, качественных диагностических данных в большинстве случаев не получено. Между тем, для долгосрочного мониторинга АД необходимы высококачественные схемы измерения, такие, которые позволили бы принимать врачам адекватные клинические решения, обеспечивать контроль АД, например такие, как протокол «722». Для максимальной поддержки пациентов

в ДМАД может быть использован доказавший свою непревзойдённую эффективность командный подход и групповое обучение пациентов, основанные на использовании современных, научно доказанных реко-

мендаций в подготовке, проведению и схемах ДМАД. Всё это требует предварительной и неотложной работы по обучению всех участников лечебно-диагностического процесса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Посохов И.Н., Берестень Н.Ф., Сандриков В.А., Фёдорова С.И. Домашнее мониторирование артериального давления // Функциональная диагностика: Национальное руководство / Под ред. С.И.Фёдоровой М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. С. 388-392. ISBN 978-5-9704-7507-2.
2. Jones D.W., Ferdinand K.C., Taler S.J., et al. 2025 AHA/ACC/AANP/AAPA/ABC/ACCP/ACPM/AGS/AMA/ASPC/NMA/PCNA/SGIM Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: a Report of the American College of Cardiology / American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines // J Am Coll Cardiol. 2025 Nov 4. V.86. No.18. P. 1567-1678. Doi: 10.1016/j.jacc.2025.05.007.
3. Посохов И.Н., Мороз-Водолажская Н.Н. «Осциллометрический» метод: что это такое и всем ли пациентам он подходит для измерения артериального давления? // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2024. Т.23. №9. С. 40-75. Doi: 10.15829/1728-8800-2024-4075.
4. Посохов И.Н., Праскурничий Е.А. Что изменилось в домашнем мониторингировании артериального давления за десятилетие? // Российский кардиологический журнал. 2024. Т.29. №3S. С. 59-66. Doi: 10.15829/1560-4071-2024-5966.
5. Посохов И.Н. Домашнее мониторирование артериального давления: Учебное пособие. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2025. 72 с. ISBN 978-5-93064-335-0.
6. Посохов И.Н., Филиппов О.С. Диагностика гипертензивных расстройств в кардиоконсультации: современное состояние дел // Проблемы репродукции. 2025. Т.31. №1. С. 63-77. Doi: 10.17116/rep20253101163.
7. Посохов И.Н., Филиппов О.С. Пути повышения эффективности диагностики гипертензивных расстройств при беременности // Доктор.Ру. 2025. Т.24. №1. С. 50-56. Doi: 10.31550/1727-2378-2025-24-1-50-56.
8. Посохов И.Н., Орлова О.С., Бородулина Т.А., Василишин Д.В. Расчёт распространённых показателей variability артериального давления при домашнем мониторингировании с использованием электронных таблиц // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. 2023. №4. С. 43-47. Doi: 10.33266/2782-6430-2023-4-43-47.
9. Clapham E., Picone D.S., Carmichael S., et al. Home Blood Pressure Measurements are not Performed According to Guidelines and Standardized Education is Urgently Needed // Hypertension. 2025 Jan. V.82. No.1. P. 149-159. Doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.124.23678.
10. Mancia G., Kreutz R., Brunström M., et al. 2023 ESH Guidelines for the Management of Arterial Hypertension the Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA) // J Hypertens. 2023 Dec 1. V.41. No.12. P. 1874-2071. Doi: 10.1097/HJH.0000000000003480.
11. Beger C., Mayerböck A., Klein K., et al. Current Practice of Blood Pressure Measurement in Germany: a Nationwide Questionnaire-Based Survey in Medical Practices // Blood Press. 2023 Dec. V.32. No.1. P. 2165901. Doi: 10.1080/08037051.2023.2165901.
12. Pilz N., Picone D.S., Patzak A., et al. Cuff-Based Blood Pressure Measurement: Challenges and Solutions // Blood Press. 2024 Dec. V.33. No.1. P. 2402368. Doi: 10.1080/08037051.2024.2402368.
13. Посохов И.Н., Праскурничий Е.А., Орлова О.С., Суходолова Е.А., Лыцева А.В., Лобова М.Д. Стандарты проверки точности автоматических манжеточных сфигмоманометров: современное состояние дел // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. 2024. №1. С. 5-13. Doi: 10.33266/2782-6430-2024-1-05-13.
14. Посохов И.Н., Праскурничий Е.А. Валидационные исследования автоматических манжеточных сфигмоманометров. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2025. 64 с. ISBN 978-5-93064-395-4.
15. Posokhov I.N., Praskurnichiy E.A., Orlova O.S., et al. Validation of Two Automatic Sphygmomanometers According to the Modified International Standardization Organization 81060-2: 2018 Protocol in Adults with a Mid-Upper Arm Circumference of 22 Centimeters or Less // Blood Press Monit. 2024 Dec 1. V.29. No.6. P. 312-316. Doi: 10.1097/MBP.0000000000000715.
16. Fu S.N., Dao M.C., Wong C.K.H., Cheung B.M.Y. Knowledge and Practice of Home Blood Pressure Monitoring 6 Months after the Risk and Assessment Management Programme: does Health Literacy Matter? // Postgrad Med J. 2022 Aug. V.98. No.1162. P. 610-616. Doi: 10.1136/postgradmedj-2020-139329.
17. Wang T.D., Ohkubo T., Bunyi M.L., et al. Current Realities of Home Blood Pressure Monitoring from Physicians' Perspectives: Results from Asia HBPM Survey 2020 // Hypertens Res. 2023 Jul. V.46. No.7. P. 1638-1649. Doi: 10.1038/s41440-023-01259-1.
18. Lin H.J., Pan H.Y., Chen C.H., et al. Standardized Home Blood Pressure Monitoring: Rationale behind the 722 Protocol // J Clin Hypertens (Greenwich). 2022 Sep. V.24. No.9. P. 1161-1173. Doi: 10.1111/jch.14549.
19. Mills K.T., O'Connell S.S., Pan M., et al. Role of Health Care Professionals in the Success of Blood Pressure Control Interventions in Patients with Hypertension: a Meta-Analysis // Circ Cardiovasc Qual Outcomes. 2024 Aug. V.17. No.8. P. e010396. Doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.123.010396.

REFERENCES

1. Posokhov I.N., Beresten' N.F., Sandrikov V.A., Fodorova S.I. Home Monitoring of Blood Pressure: National Guidelines. *Funktsional'naya Diagnostika* = Functional Diagnostics. Ed. S.I. Fedorova. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2023. P. 388-392 (In Russ.). ISBN 978-5-9704-7507-2.
2. Jones D.W., Ferdinand K.C., Taler S.J., et al. 2025 AHA/ACC/AANP/AAPA/ABC/ACCP/ACPM/AGS/AMA/ASPC/NMA/PCNA/SGIM Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: A Report of the American College of Cardiology / American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2025 Nov 4;86;18:1567-1678. Doi: 10.1016/j.jacc.2025.05.007.
3. Posokhov I.N., Moroz-Vodolazhskaya N.N. «Oscillometric» Method: What is it and is it Suitable for Measuring Blood Pressure in All Patients? *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika* = Cardiovascular Therapy and Prevention. 2024;23;9:4075 (In Russ.). Doi: 10.15829/1728-8800-2024-4075.
4. Posokhov I.N., Praskurnichiy Ye.A. What has Changed in Home Blood Pressure Monitoring Over the Past Decade? *Rossiyskiy Kardiologicheskii Zhurnal* = Russian Journal of Cardiology. 2024;29;3S:5966 (In Russ.). Doi: 10.15829/1560-4071-2024-5966.
5. Posokhov I.N. *Domashneye Monitorirovaniye Arterial'nogo Davleniya* = Home Blood Pressure Monitoring. A Tutorial. Moscow, FMBTS im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2025. 72 p. (In Russ.). ISBN 978-5-93064-335-0.
6. Posokhov I.N., Filippov O.S. Diagnostics of Hypertensive Disorders in Cardio-Obstetrics: Current State of the Art. *Problemy Reproduktsii* = Russian Journal of Human Reproduction. 2025;31;1:63-77 (In Russ.). Doi: 10.17116/rep20253101163.
7. Posokhov I.N., Filippov O.S. Ways to Improve the Efficiency of Diagnostics of Hypertensive Disorders during Pregnancy. *Doktor.Ru* = Doctor.Ru. 2025;24;1:50-56 (In Russ.). Doi: 10.31550/1727-2378-2025-24-1-50-56.
8. Posokhov I.N., Orlova O.S., Borodulina T.A., Vasilishin D.V. Calculation of Common Indicators of Blood Pressure Variability during Home Monitoring Using Spreadsheets. *Klinicheskiy Vestnik FMBTS im. A.I. Burnazyana* = A.I. Burnasyan FMBC Clinical Bulletin. 2023;4:43-47 (In Russ.). Doi: 10.33266/2782-6430-2023-4-43-47.
9. Clapham E., Picone D.S., Carmichael S., et al. Home Blood Pressure Measurements are not Performed According to Guidelines and Standardized Education is Urgently Needed. *Hypertension*. 2025 Jan;82;1:149-159. Doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.124.23678.
10. Mancia G., Kreutz R., Brunström M., et al. 2023 ESH Guidelines for the Management of Arterial Hypertension the Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension

- (ISH) and the European Renal Association (ERA). *J Hypertens*. 2023 Dec 1;41;12:1874-2071. Doi: 10.1097/HJH.0000000000003480.
11. Beger C., Mayerböck A., Klein K., et al. Current Practice of Blood Pressure Measurement in Germany: a Nationwide Questionnaire-Based Survey in Medical Practices. *Blood Press*. 2023 Dec;32;1:2165901. Doi: 10.1080/08037051.2023.2165901.
 12. Pilz N., Picone D.S., Patzak A., et al. Cuff-Based Blood Pressure Measurement: Challenges and Solutions. *Blood Press*. 2024 Dec;33;1:2402368. Doi: 10.1080/08037051.2024.2402368.
 13. Posokhov I.N., Praskurnichiy Ye.A., Orlova O.S., Sukhodolova Ye.A., Lystseva A.V., Lobova M.D. Accuracy Testing Standards for Automatic Cuff Sphygmomanometers: Current State of Affairs. *Klinicheskiy Vestnik FMBTS im. A.I. Burnazyana* = A.I. Burnasyan FMBC Clinical Bulletin. 2024;1:5-13 (In Russ.). Doi: 10.33266/2782-6430-2024-1-05-13.
 14. Posokhov I.N., Praskurnichiy Ye.A. *Validatsionnyye Issledovaniya Avtomaticheskikh Manzhetochnykh Sfigmomanometrov* = Validation Studies of Automatic Cuff Sphygmomanometers. Moscow, FMBTS im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2025. 64 p. (In Russ.). ISBN 978-5-93064-395-4.
 15. Posokhov I.N., Praskurnichiy E.A., Orlova O.S., et al. Validation of Two Automatic Sphygmomanometers According to the Modified International Standardization Organization 81060-2: 2018 Protocol in Adults with a Mid-Upper Arm Circumference of 22 Centimeters or Less. *Blood Press Monit*. 2024 Dec 1;29;6:312-316. Doi: 10.1097/MBP.0000000000000715.
 16. Fu S.N., Dao M.C., Wong C.K.H., Cheung B.M.Y. Knowledge and Practice of Home Blood Pressure Monitoring 6 Months after the Risk and Assessment Management Programme: does Health Literacy Matter? *Postgrad Med J*. 2022 Aug;98;1162:610-616. Doi: 10.1136/postgradmedj-2020-139329.
 17. Wang T.D., Ohkubo T., Bunyi M.L., et al. Current Realities of Home Blood Pressure Monitoring from Physicians' Perspectives: Results from Asia HBPM Survey 2020. *Hypertens Res*. 2023 Jul;46;7:1638-1649. Doi: 10.1038/s41440-023-01259-1.
 18. Lin H.J., Pan H.Y., Chen C.H., et al. Standardized Home Blood Pressure Monitoring: Rationale behind the 722 Protocol. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2022 Sep;24;9:1161-1173. Doi: 10.1111/jch.14549.
 19. Mills K.T., O'Connell S.S., Pan M., et al. Role of Health Care Professionals in the Success of Blood Pressure Control Interventions in Patients with Hypertension: a Meta-Analysis. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2024 Aug;17;8:e010396. Doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.123.010396.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 23.04.2026. **Принята к публикации:** 25.05.2026.

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: 23.04.2026.. **Accepted for publication:** 25.05.2026

А.А. Ильин, С.С. Косова, К.А. Волков, Т.М. Богданова, Е.Ю. Кривуля

ИНФАРКТ МИОКАРДА У ПАЦИЕНТА С МИОДИСТРОФИЕЙ ЭРБА-РОТА. КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского»
Минздрава РФ, Саратов, Россия

Контактное лицо: Ильин Алексей Анатольевич: iljin2006@yandex.ru

Резюме

Настоящая работа посвящена клиническому случаю инфаркта миокарда у больного с миодистрофией Эрба-Рота. В работе рассматриваются вопросы распространённости, генетической природы, клинической картины, причин смерти, методов лечения и ведения пациентов с первичными прогрессирующими мышечными дистрофиями Эрба-Рота, Дюшена и Эмери-Дрейфуса. Основной причиной смерти пациентов с первичными прогрессирующими мышечными дистрофиями является хроническая сердечная недостаточность. Инфаркт миокарда диагностируется крайне редко и только у больных с миодистрофией Эрба-Рота. Особенности течения, возможные направления дальнейшего ведения больных с миодистрофией Эрба-Рота, перенесших инфаркт миокарда рассматриваются на клиническом случае.

Ключевые слова: миодистрофия Дюшена, миодистрофия Эмери-Дрейфуса, миодистрофия Эрба-Рота, инфаркт миокарда, сердечная недостаточность

Для цитирования: Ильин А.А., Косова С.С., Волков К.А., Богданова Т.М., Кривуля Е.Ю. Инфаркт миокарда у пациента с миодистрофией Эрба-Рота. Клинический случай //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 66–72 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-66-72

А.А. Ilyin, S.S. Kosova, K.A. Volkov, T.M. Bogdanova, K.Y. Kryvulia²

Myocardial Infarction in a Patient with Erb-Roth Myodystrophy. Clinical Case

Internal Diseases Saratov State Medical University Named after Razumovsky, Saratov, Russia

Contact person: Ilyin Alexey Anatolyevich: iljin2006@yandex.ru

Abstract

This work is dedicated to a clinical case of myocardial infarction in a patient with Erb-Roth muscular dystrophy. The paper examines issues of prevalence, genetic nature, clinical presentation, causes of death, treatment methods, and patient management for primary progressive muscular dystrophies of Erb-Roth, Duchenne, and Emery-Dreifuss. The main cause of death in patients with primary progressive muscular dystrophies is chronic heart failure. Myocardial infarction is diagnosed extremely rarely and only in patients with Erb-Roth muscular dystrophy. The specific course of the condition, and possible directions for further management of patients with Erb-Roth muscular dystrophy who have experienced myocardial infarction are considered based on the clinical case.

Keywords: Duchenne muscular dystrophy, Emery-Dreifuss muscular dystrophy, Erb-Roth muscular dystrophy, myocardial infarction, heart failure

For citation: Ilyin AA, Kosova SS, Volkov KA, Bogdanova TM, Kryvulia KY. Myocardial Infarction in a Patient with Erb-Roth Myodystrophy. Clinical Case. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:66-72. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-66-72

Введение

Первичные прогрессирующие миодистрофии относятся к редким заболеваниям и характеризуются тяжелым полиорганным поражением, ранней смертью, не до конца разработанными методами лечения и ведения. Поэтому создание и усовершенствование тактики лечения и ведения таких больных является актуальным.

Цель

Проанализировать особенности возникновения, диагностики и течения инфаркта миокарда у паци-

ента с миодистрофией Эрба-Рота, а также обосновать возможные подходы к ведению таких пациентов в условиях отсутствия специализированных клинических рекомендаций для данной нозологии.

Материалы и методы

Изучены результаты научных исследований, которые были посвящены вопросам распространённости, генетической природы, клинической картины, причин смерти, методов лечения и ведения пациентов с первичными прогрессирующими мышечными дистрофиями Эрба-Рота, Дюшена и Эмери-Дрейфуса.

Для анализа использовались различные базы данных, такие как Scopus, Web of Science, MedLine, Science Direct, PubMed, eLIBRARY.ru. Поиск осуществлялся по ключевым словам, связанным с первичными прогрессирующими миодистрофиями Эрба-Рота, Дюшена и Эмери-Дрейфуса. Методами исследования являлись анализ и обобщение данных.

Основная часть

Первичные прогрессирующие мышечные дистрофии - группа генетически детерминированных заболеваний, характеризующихся дегенеративно-атрофическими изменениями в мышечных волокнах (без первичной патологии нейронов) и проявляющихся нарастающей слабостью и атрофией мышц [1].

К этой группе миодистрофий относят миодистрофию Дюшена, миодистрофию Эмери-Дрейфуса, миодистрофию Эрба-Рота. Они занимают небольшой процент случаев среди всех патологий человека.

Общие клинические признаки

Общими признаками в клинической картине для указанных миодистрофий являются поражение скелетной мускулатуры, что проявляется нарастающей мышечной слабостью, гипотонией и гипотрофией мышц, ограничением объема активных движений, сухожильной и периостальной гипо-/арефлексией; поражение гладкой мускулатуры сердца, дыхательной, пищеварительной систем. Изменения со стороны сердца заключаются в развитии кардиомиопатии, проявляющейся сердечной недостаточностью и нарушением ритма. Изменения со стороны дыхательной системы заключаются в развитии слабости дыхательных мышц [4].

Частота встречаемости

Мышечной дистрофии Дюшена среди новорожденных мальчиков варьирует от 9,7 до 32,6 на 100000 [6].

Мышечной дистрофии Эмери-Дрейфуса составляет 1 случай на 400 000 человек [5].

Мышечной дистрофии Эрба-Рота находится в пределах от 5-70 случаев на 1 млн. населения [3].

Генетические причины развития

В основе дистрофии Дюшена лежит дефицит белка дистрофина в мышечном волокне, возникающим в результате мутаций гена DMD, расположенного в области короткого плеча X-хромосомы (локусы Xp21.1-p21.2) [2].

Развитие миодистрофии Эмери-Дрейфуса связана с мутациями генов EMD (OMIM 310300), LMNA (OMIM 181350, 616516), SYNE1 (OMIM 612998), SYNE2 (OMIM 612999), FHL1 (OMIM 300696) и TMEM43 (OMIM 614302) [4].

Причины развития дистрофии Эрба-Рота заключаются в генетическом дефекте в парных половых хромосомах или в X-хромосоме. Это такие гены, как 13q12, 17q12-q21.33, 4q12 и 5q33 [7].

Сроки первых клинических проявлений и продолжительность жизни

Миодистрофия Дюшена дебютирует в детстве, в возрасте 3 – 5 лет. К 10 – 12 годам больные теряют способность самостоятельно передвигаться и оказы-

ваются прикованными к постели. Смерть наступает в возрасте 12 – 25 лет [2].

Миодистрофия Эмери-Дрейфуса дебютирует в детстве или юности. Смерть наступает в возрасте 30 – 40 лет [4].

Миодистрофия Эрба-Рота дебютирует в возрасте 13 – 16 лет, но известны отдельные случаи дебюта болезни в раннем детском возрасте и после 20 лет. Течение заболевания длительное. К 35 – 40 годам больные утрачивают способность самостоятельно передвигаться. Продолжительность жизни составляет 40 и более лет [8].

Лечение миопатий

Включает в себя медикаментозное лечение (антихолинэстеразные и вазоактивные средства; анаболические препараты; глюкокортикостероиды; витаминные группы В; препараты калия; антиоксидантная терапия), немедикаментозное лечение - применение методов генной инженерии [2].

Причины смерти

Смерть пациентов с миодистрофией Дюшена наступает из-за слабости дыхательных мышц или кардиомиопатии [2].

Причиной смерти пациентов с миодистрофией Эмери-Дрейфуса обычно является кардиомиопатия [4].

Причиной смерти пациентов с миодистрофией Эрба-Рота обычно является кардиомиопатия, нарушения ритма [8].

Как видно из представленных материалов, пациентам, страдающим первичными прогрессирующими мышечными дистрофиями, присущи сердечная недостаточность и нарушения ритма, которые являются ведущей причиной летального исхода. Инфаркт миокарда не является ведущей сердечной патологией и причиной смерти.

Данный случай представляет научный интерес.

Клинический случай

Пациент Д. 44 года поступил в экстренное кардиологическое с блоком реанимации отделение кардиологического стационара г. Саратова 29.12.2016, в 02:30, по направлению Скорой медицинской помощи с диагнозом гипертонический криз, осложненный острой сердечной недостаточностью III по Т. Killip.

При поступлении предъявлял жалобы на одышку с затрудненным вдохом, кашель с незначительным количеством светлой мокроты, головокружение, общую слабость.

Anamnes morbi

В течение 5 лет эпизодически отмечает повышение АД до 140 и 90 мм.рт.ст. Под наблюдением кардиолога не состоит, регулярной гипотензивной терапии не получает.

Настоящее ухудшение состояния с вечера 28.12.2016, когда в 21:30 появились общая слабость, одышка с затрудненным вдохом, кашель. Осмотрен бригадой Скорой медицинской помощи, зафиксировано наличие у пациента признаков острой левожелудочковой недостаточности (акроцианоз, в легких выслушивались распространенные влажные

мелкопузырчатые хрипы, сухие хрипы) и повышенные цифры АД (АД 190 и 110 мм.рт.ст.), проведена терапия мочегонными, нитратами, кислородом с положительным эффектом. Госпитализирован в экстренное отделение кардиологического стационара для дальнейшего обследования, лечения.

Anamnes vitae

Прогрессирующая миодистрофия Эрба-Рота. Последние 5 лет обездвижен, в постели предпочитает находиться в положении с приподнятым изголовьем. Социально и физически реабилитирован с помощью родной сестры.

Объективно

Общее состояние тяжелое преимущественно за счет поражения сердца. Поведение адекватное. Положение вынужденное, в постели лежит с приподнятым изголовьем. Изменение положения тела с помощью ухаживающего.

Телосложение нормостеническое. Рост 170 см. Вес 100 кг.

Кожные покровы обычного цвета. Кожа чистая, сухая, тургор кожи удовлетворительный.

Подкожно-жировая клетчатка развита удовлетворительно.

Миндалины не увеличены.

Лимфатические узлы не пальпируются.

Отёков нет.

Мышечная система развита удовлетворительно, тонус сохранен.

Кости и суставы визуально не изменены, при пальпации безболезненные.

Система дыхания.

Форма грудной клетки нормостеническая, обе половины равномерно участвуют в акте дыхания. Дыхание средней глубины, ритмичное, частота дыхательных движений 18 в минуту. Пальпация грудной клетки безболезненная. Перкуторный звук ясный лёгочный. Дыхание везикулярное, ослабленное в нижних отделах, хрипы не выслушиваются.

Система кровообращения.

При осмотре область сердца визуально не изменена. Верхушечный толчок пальпируется в 5 межреберье на 0,5 см кнутри от левой средне-ключичной линии. При перкуссии: относительная правая граница на 1 см кнаружи от правого края грудины, левая – на 0,5 см кнутри от левой срединно-ключичной линии, верхняя – на уровне III ребра. Тоны сердца ясные, ритмичные, ЧСС 80 в минуту. Пульс 80 в минуту. Варикозно-расширенных вен на нижних конечностях нет.

Система пищеварения.

Глотание свободное, безболезненное. Язык розовый, чистый. Живот мягкий, безболезненный, перистальтика выслушивается. Стул был накануне. Печень не пальпируется, размеры по Курлову 10*9*8 см. Селезенка не пальпируется.

Система мочевого выделения.

Область почек не изменена. Симптом Пастернацкого отрицательный. Мочеиспускание свободное, безболезненное.

Нервно-психическое состояние.

Уравновешен, контактен. Зрачки круглые, равные.

Предварительный диагноз

Основное заболевание. Артериальная гипертензия III степени, риск 3. Кардиомиопатия неуточненная.

Осложнения. Гипертонический криз от 28.12.2016. Осложнение. ОСН II по Т. Killip на догоспитальном этапе.

Сопутствующие заболевания. Мышечная дистрофия Эрба-Рота.

Лабораторные и инструментальные обследования.

Общий анализ крови без особенностей.

Общий анализ мочи без особенностей.

Биохимический анализ крови в динамике в течение суток показал повышенный уровень кардиоспецифических ферментов.

– Биохимический анализ крови от 29.12.2016 3:10

КФК 1829 ед/л

КФК МВ 210 ед/л

– Биохимический анализ крови от 29.12.2016 8:30

КФК 1729 ед/л

КФК МВ 190 ед/л

Тропонин положительный

– Биохимический анализ крови от 29.12.2016 15:00

Креатинкиназа 1232 ед/л

КФК МВ 127 ед/л

Тропонин положительный

– Биохимический анализ крови от 29.12.2016 21:31

Креатинкиназа 1032 ед/л

КФК МВ 640 ед/л

Тропонин положительный

На серии электрокардиограмм, снятых в течение суток, зафиксированы нарушение проводимости (блокада передней ветви левой ножки пучка Гиса, неполная блокада правой ножки пучка Гиса), рубцовые (Q) изменения боковых, высоких боковых и базальных отделов левого желудочка.

– ЭКГ от 29.12.2016 01:30

Синусовая тахикардия с ЧСС 135 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Блокада передней ветви ЛНПГ. Неполная блокада ПНПГ. Признаки гипертрофии левого желудочка. Q-изменения боковых, высоких боковых и базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности.

– ЭКГ от 29.12.2016 01:50

Синусовая тахикардия с ЧСС 125 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Блокада передней ветви ЛНПГ. Неполная блокада ПНПГ. Признаки гипертрофии левого желудочка. Q-изменения боковых, высоких боковых и базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности.

– ЭКГ от 29.12.2016 8:38

Синусовая тахикардия с ЧСС 130 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Блокада передней ветви ЛНПГ. Неполная блокада ПНПГ. Признаки гипертрофии левого желудочка. Q-изменения боковых, высоких боковых и базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности.

давности. По сравнению с ЭКГ от 29.12.2016 01:30 без существенной динамики.

– ЭКГ от 29.12.2016 11:39

Синусовый ритм с ЧСС 118 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Блокада передней ветви ЛНПГ. Неполная блокада ПНПГ. Признаки гипертрофии левого желудочка. Q-изменения боковых, высоких боковых и базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности. По сравнению с ЭКГ от 29.12.2016 без существенной динамики.

– ЭКГ от 29.12.2016 14:45

Синусовая тахикардия с ЧСС 118 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Блокада передней ветви ЛНПГ. Неполная блокада ПНПГ. Признаки гипертрофии левого желудочка. Q-изменения боковых, высоких боковых и базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности. По сравнению с ЭКГ от 29.12.2016 01:50 без существенной динамики.

При ультразвуковом исследовании сердца выявлены: нарушение локальной сократимости в виде дискинезии базального заднего, среднего заднего сегментов; нарушение диастолической функции левого желудочка по релаксационному типу.

– Эхо-КГ от 29.12.2016

Проведено М-модальное, двумерное, импульсно-волновое, постоянно-волновое и цветное доплеровское исследование. Эхокардиография выполнялась у постели больного в положении на спине на фоне синусового ритма. Визуализация была неоптимальной, в связи с чем исследование имеет ограниченную информативность. Размеры полостей сердца в пределах нормы. Конечно-диастолический размер полости левого желудочка 4,3 см. Конечно-систолический размер полости левого желудочка 2,9 см.

Гипертрофии левого желудочка не выявлено. Масса миокарда левого желудочка 201 г. Индекс массы миокарда левого желудочка 97 г/м². Масса миокарда определялась в двумерном режиме (норма – жен. до 88 г/м², муж. – до 102 г/м²). Локальная сократимость левого желудочка характеризуется: дискинезией базального заднего, среднего заднего сегментов. Глобальная сократимость левого желудочка не снижена. Фракция выброса левого желудочка 60%. Диастолическая функция левого желудочка нарушена по релаксационному типу. Преобладание наполнения левого желудочка во время предсердной систолы над ранним диастолическим наполнением. Этот тип трансмитрального кровотока свидетельствует о нарушении диастолической функции (снижении податливости) левого желудочка и о нормальном конечно-диастолическом давлении в нём.

Конечно-диастолический размер полости правого желудочка 2,5 см.

Конечно-систолический размер (передне-задний) левого предсердия 3,4 см. Конечно-систолический размер (медиально-латеральный) правого предсердия 3,5 см.

Нижняя полая вена четко не визуализируется. Достоверных признаков легочной гипертензии в покое не выявлено.

Выявленные вышеуказанные изменения позволили изменить диагноз на:

Основной. ИБС. Острый задне-боковой Q-инфаркт миокарда от 28.12.2016. Атеросклероз аорты, коронарных артерий. Артериальная гипертензия III, риск 4.

Фоновое. Миодистрофия Эрба-Рота.

Осложнение. ХСН I. Гипертонический криз от 28.12.2016. ОСН III Т. Killip от 28.12.2016.

В период с 29.12.2016 по 10.01.2017 состояние оставалось нестабильно тяжелым: 03.01.2017 и – особенно выражено – 06.01.2017 рецидивировала левожелудочковая сердечная недостаточность (одышка, с затрудненным вдохом, над легкими выслушивались сухие, влажные хрипы, ЧДД до 32 в мин., тахикардия до 110 в мин., АД 100/60 мм.рт.ст.); больной находился в палатах интенсивной терапии, уровень кардиоспецифических ферментов КФК, МВ-КФК не повышался, уровень тропонинов оставался слабо положительным; ЭКГ без динамики; проводилась терапия инъекционными нитратами, мочегонными, вводились наркотические препараты, проводилась кислородотерапия. На фоне проводимой терапии самочувствие улучшилось, на ЭКГ от 09.01.2017 и Эхо-КГ от 11.01.2017 динамика отсутствовала.

– Биохимический анализ крови от 03.01.2017 4:10

КФК 170 ед/л

КФК МВ 32 ед/л

Тропонин слабо положительный

– Биохимический анализ крови от 03.01.2017 10:00

КФК 168 ед/л

КФК МВ 32 ед/л

Тропонин слабо положительный

– Биохимический анализ крови от 03.01.2017 16:20

КФК 166 ед/л

КФК МВ 32 ед/л

Тропонин слабо положительный

– Биохимический анализ крови от 04.01.2017 08:20

КФК 164 ед/л

КФК МВ 30 ед/л

Тропонин слабо положительный

– Биохимический анализ крови от 06.01.2017 3:20

КФК 166 ед/л

КФК МВ 30 ед/л

Тропонин слабо положительный

– Биохимический анализ крови от 07.01.2017 09:00

КФК 168 ед/л

КФК МВ 30 ед/л

Тропонин слабо положительный

– ЭКГ от 03.01.2017 4:05

Синусовый ритм с ЧСС 110 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Q-изменения боковых, высоких боковых, базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности. Нагрузка на правый желудочек. Нарушение внутри-

желудочковой проводимости. По сравнению с ЭКГ от 29.12.2016 без существенной динамики.

– ЭКГ от 03.01.2017 11:56

Синусовый ритм с ЧСС 115 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Q-изменения боковых, высоких боковых, базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности. Нагрузка на правый желудочек. Нарушение внутрижелудочковой проводимости. По сравнению с ЭКГ от 29.12.2016 без существенной динамики.

– ЭКГ от 06.01.2017 3:10

Синусовый ритм с ЧСС 112 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Q-изменения боковых, высоких боковых, базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности. Нагрузка на правый желудочек. Нарушение внутрижелудочковой проводимости. По сравнению с ЭКГ от 29.12.2016 без существенной динамики.

– ЭКГ от 06.01.2017 06:56

Синусовый ритм с ЧСС 116 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Q-изменения боковых, высоких боковых, базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности. Нагрузка на правый желудочек. Нарушение внутрижелудочковой проводимости. По сравнению с ЭКГ от 29.12.2016 без существенной динамики.

– ЭКГ от 06.01.2017 10:56

Синусовый ритм с ЧСС 114 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Q-изменения боковых, высоких боковых, базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности. Нагрузка на правый желудочек. Нарушение внутрижелудочковой проводимости. По сравнению с ЭКГ от 29.12.2016 без существенной динамики.

– ЭКГ от 07.01.2017 10:00

Синусовый ритм с ЧСС 115 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Q-изменения боковых, высоких боковых, базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности. Нагрузка на правый желудочек. Нарушение внутрижелудочковой проводимости. По сравнению с ЭКГ от 29.12.2016 без существенной динамики.

– ЭКГ от 09.01.2017 08:07

Синусовый ритм с ЧСС 115 уд/мин. ЭОС резко отклонена вправо. Q-изменения боковых, высоких боковых, базальных отделов левого желудочка, вероятно, рубцовые, неизвестного срока давности. Нагрузка на правый желудочек. Нарушение внутрижелудочковой проводимости. По сравнению с ЭКГ от 03.01.2017 без существенной динамики.

– Эхо-КГ от 11.01.2017

Проведено М-модальное, двумерное, импульсно-волновое, постоянно-волновое и цветное доплеровское исследование. Эхокардиография выполнялась у постели больного в положении на спине на фоне синусового ритма. Визуализация была неоптимальной, в связи с чем исследование имеет ограниченную информативность. Клапаны сердца без достоверных нарушений структуры.

Размеры полостей сердца в пределах нормы. Конечно-диастолический размер полости левого желудочка 4,5 см. Конечно-систолический размер по-

лости левого желудочка 2,9 см. Гипертрофии левого желудочка не выявлено. Толщина миокарда в диастолу 1,0-1,1 см. Масса миокарда левого желудочка 201 г. Индекс массы миокарда левого желудочка 97 г/м². Масса миокарда определялась в двумерном режиме (норма – жен. до 88 г/м², муж. – до 102 г/м²).

Локальная сократимость левого желудочка характеризуется дискинезией базального заднего, среднего заднего сегментов. Глобальная сократимость левого желудочка не снижена. Фракция выброса левого желудочка 60%. Диастолическая функция левого желудочка нарушена по релаксационному типу. Преобладание наполнения левого желудочка во время предсердной систолы над ранним диастолическим наполнением. Этот тип трансмитрального кровотока свидетельствует о нарушении диастолической функции (снижении податливости) левого желудочка и о нормальном конечно-диастолическом давлении в нём.

Конечно-диастолический размер полости правого желудочка 2,5 см.

Конечно-систолический размер (передне-задний) левого предсердия 3,6 см. Конечно-систолический размер (медиально-латеральный) правого предсердия 3,5 см. Нижняя полая вена чётко не визуализируется. Судить о легочной гипертензии невозможно, не удалось визуализировать транстрикуспидальный и пульмональный потоки.

Осмотр невролога

С 15 лет страдает генетически подтвержденной прогрессирующей миодистрофией Эрба-Рота. С 2000 года инвалид 1-ой группы, самостоятельно не передвигается. Ухудшение состояния с конца декабря 2016 года, когда появился интенсивный кашель, удушье, повысилось АД до 190/110 мм.рт.ст.

Неврологический статус: сознание ясное, ориентирован, вербальный контакт не нарушен, черепно-мозговая иннервация не нарушена, мягкое небо подвижно, глотание не нарушено, активные движения проксимальных отделов конечностей отсутствуют, сохранены движения в кистях и стопах с мышечной силой 1-2 балла, самостоятельно себя не обслуживает, садится с посторонней помощью, не стоит, сформировано парезное поражение стоп (конская, свисающая стопа), расстройства чувствительности нет, менингеальные знаки отрицательны, дыхание поверхностное, в дыхании участвует вспомогательная мускулатура.

Диагноз. Наследственная прогрессирующая мышечная дистрофия Эрба-Рота. Грубый вялый тетрапарез до плегии в проксимальных отделах, с вовлечением дыхательной, сердечной мускулатуры.

В дальнейшем, при нахождении в экстренном кардиологическом с блоком реанимации отделении, состояние больного оставалось стабильно тяжёлым за счет полиорганного поражения, самочувствие постепенно улучшилось: признаки поражения сердца не рецидивировали, больной стал более активным. Пациент получал следующую терапию: ингибиторы АПФ – «Эналаприл» 5 мг./сут.; диуретики – «Верошпилактон» 50 мг. утром, «Фуросемид» 20 мг. утром; антиагрегантная терапия: «Брилинта» 90 мг./сут., «Ацекардол» 100 мг. вечером; гиполипидемические препараты – «Аторвастатин» 80 мг. вечером.

В связи с улучшением самочувствия 20.01.2017 был выписан на амбулаторный этап лечения с диагнозом:

Основное: Наследственная прогрессирующая мышечная дистрофия Эрба-Рота. Грубый вялый тетрапарез до плевгии в проксимальных отделах, с вовлечением дыхательной, сердечной мускулатуры.

Осложнение: Некоронарогенный инфаркт миокарда неопределенного срока давности (клинически от конца декабря 2016 г.). Артериальная гипертензия III ст., риск 4. ХСН I. Гипертонический криз от 28.12.2016 г., ОСН II по Т. Killip от 28.12.2016 г., ОСН III по Т. Killip от 06.01.2017 г., ДН II ст.

Рекомендовано.

Наблюдение у кардиолога, невролога по месту жительства.

Продолжить прием: ингибиторов АПФ - «Эналаприл» 5 мг./сут.; диуретиков - «Верошпилактон» 50 мг. утром, «Фуросемид» 20 мг. утром; препаратов антиагрегантной терапии: «Брилинта» 90 мг./сут., «Ацекардол» 100 мг. вечером; гиполипидемических препаратов - «Аторвастатин» 80 мг. вечером.

Дальнейшая судьба пациента неизвестна.

Выводы

Миодистрофия Эрба-Рота встречается крайне редко. Пациенты, страдающие этой формой миодистрофии, живут до 40 и более лет, проводя десятилетиями в малоподвижном положении. Нарушение функционирования дыхательной мускулатуры создает условия для нарушения процесса газообмена. Поражение мышц сердца приводит к развитию хронической сердечной недостаточности и нарушениям ритма. Все это способствует созданию условий для тромбообразования. В то же время клинических рекомендаций по диагностике, лечению и реабилитации при этой форме миодистрофии, в отличие от миодистрофии Дюшенна [9], не разработано. Исходя из вышесказанного, в лечении этой формы миодистрофии необходимо применять положения, изложенные в Клинических рекомендациях по лечению острого инфаркта миокарда [10], хронической сердечной недостаточности [11], артериальной гипертензии [12], нарушениям ритма и иных состояний в зависимости от сложившейся клинической картины. С целью предотвращения тромбообразования следует применять препараты, влияющие на свёртывающую систему крови.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Китаева В.Е., Котов А.С., Бунак М.С. Прогрессирующие мышечные дистрофии // Российский неврологический журнал. 2021. Т.26. №2. С. 43-57. Doi: 10.30629/2658-7947-2021-26-2-43-57.
2. Гайнетдинова Д.Д., Новоселова А.А. Современные возможности диагностики и лечения мышечной дистрофии Дюшенна // Казанский медицинский журнал. 2020. Т.101. №4. С. 530-537.
3. Лобанова А.Н., Петрова М.М., Харьков Е.И., Цибульская Н.Ю. Случай миопатии Эрба-Рота // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2018. Т.7. №1. С. 102-104.
4. Гамисония А.М. Мышечная дистрофия Эмери – Дрейфуса. Электронный ресурс: https://www.genokarta.ru/disease/Myshechnaya_distrofiya_Tmeri_%E2%80%93Drejfusa
5. Курушина О.В., Андриященко Ф.А., Агаркова О.И., Дворецкая Ю.А. Современный подход к диагностике и лечению первичных и вторичных миопатий // Вестник ВолгГМУ. 2017. Т.1. №61. С.16-22.
6. Дюшенна (–Гризингера) (прогрессирующая) мышечная дистрофия // Саратовский неврологический портал. Электронный ресурс: <http://www.neurosar.ru/%D0%B4%D1%8E%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0-%D0%B3%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B5%D1%80%D0%B0-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B0/>
7. Дадали Е.Л., Щагина О.А., Рыжкова О.П., Руденская Г.Е., Федотов В.П., Поляков А.В. Клинико-генетические характеристики поясно-конечностной мышечной дистрофии 2А типа // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С.Корсакова. 2010. Т.110. №4. С. 79-83.
8. Мышечная дистрофия Эрба-Рота. Электронный ресурс: <https://volgograd.medsir.ru/spravochnik-zabolevaniy/progressiruyushchaya-myshechnaya-distrofiya-erba-rot/>.
9. Прогрессирующая мышечная дистрофия Дюшенна: Клинические рекомендации, 2024 г.
10. Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы: Клинические рекомендации. М., 2024. Электронный ресурс: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/157_5
11. Галявич А.С., Терещенко С.Н., Ускач Т.М. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024 г // Российский кардиологический журнал. 2024. Т.29. №11. С. 251-349.
12. Кобалава Ж.Д., Конради А.О., Недогода С.В., Шляхто Е.В. и др. Артериальная гипертензия у взрослых: Клинические рекомендации // Российский кардиологический журнал. 2024. Т.29. №9. С. 230-329.

REFERENCES

1. Kitayeva V.Ye., Kotov A.S., Bunak M.S. Progressive Muscular Dystrophies. *Rossiyskiy Nevrologicheskiy Zhurnal* = Russian Neurological Journal. 2021;26;2:43-57 (In Russ.). Doi: 10.30629/2658-7947-2021-26-2-43-57.
2. Gaynetdinova D.D., Novoselova A.A. Modern Possibilities of Diagnostics and Treatment of Duchenne Muscular Dystrophy. *Kazanskiy Meditsinskiy Zhurnal* = Kazan Medical Journal. 2020;101;4:530-537 (In Russ.).
3. Lobanova A.N., Petrova M.M., Khar'kov Ye.I., Tsubul'skaya N.Yu. A Case of Erb-Roth Myopathy. *Kompleksnyye Problemy Serdechno-Sosudistikh Zabolevaniy* = Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2018;7;1:102-104 (In Russ.).
4. Gamisoniya A.M. *Myshechnaya Distrofiya Emeri – Dreyfusa* = Emery-Dreifuss Muscular Dystrophy (In Russ.). URL: https://www.genokarta.ru/disease/Myshechnaya_distrofiya_Tmeri_%E2%80%93Drejfusa
5. Kurushina O.V., Andryushchenko F.A., Agarkova O.I., Dvoretckaya Yu.A. Modern Approach to Diagnosis and Treatment of Primary and Secondary Myopathies. *Vestnik VolgGМУ* = Journal of Volgograd State Medical University. 2017;1;61:16-22 (In Russ.).
6. Duchenne (–Griesinger) (Progressive) Muscular Dystrophy. *Saratov Neurological Portal* (In Russ.). URL: <http://www.neurosar.ru/%D0%B4%D1%8E%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0-%D0%B3%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B5%D1%80%D0%B0-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B0/>

- %D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B0/
7. Dadali Ye.L., Shchagina O.A., Ryzhkova O.P., Rudenskaya G.Ye., Fedotov V.P., Polyakov A.V. Clinical and Genetic Characteristics of Limb-Girdle Muscular Dystrophy Type 2A. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii im. S.S. Korsakova*. = S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2010;110;4:79-83 (In Russ.).
 8. Erb-Roth Muscular Dystrophy (In Russ.). URL: <https://volgograd.medsu.ru/spravochnik-zabolevaniy/progressivnyushchaya-myshechnaya-distrofiya-erba-rot/>.
 9. Progressive Duchenne Muscular Dystrophy. Clinical Guidelines, 2024.
 10. Acute ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. Clinical Guidelines, 2024. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/157_5.
 11. Galyavich A.S., Tereshchenko S.N., Uskach T.M., et al. Chronic Heart Failure. Clinical Guidelines. *Rossiyskiy Kardiologicheskiy Zhurnal* = Russian Journal of Cardiology. 2024;29;11:251-349 (In Russ.).
 12. Kobalava Zh.D., Konradi A.O., Nedogoda S.V., Shlyakhto Ye.V., et al. Arterial Hypertension in Adults. Clinical Guidelines. *Rossiyskiy Kardiologicheskiy Zhurnal* = Russian Journal of Cardiology. 2024;29;9:230-329 (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: 18.01.2026. Принята к публикации: 25.02.2026.

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: 18.01.2026. Accepted for publication: 25.02.2026

Ю.Д. Удалов, А.Т. Бетуганова, Т.А. Мартынова

ЭВОЛЮЦИЯ НАУЧНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ГЕМОДИНАМИКЕ В АРТЕРИЯХ: ОТ КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ К ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

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

Контактное лицо: Бетуганова Альбина Тимуровна: betuganova28@gmail.com

Резюме

В настоящей работе представлен комплексный историко-научный и биофизический анализ развития представлений о гемодинамике в артериальной системе. Рассматривается траектория научной мысли от эмпирических наблюдений традиционной медицины и эпохи Галилея до современных методов трехмерного компьютерного моделирования. Особое внимание уделено роли междисциплинарного синтеза физики, математики и медицины в формировании фундаментальных законов кровотока. На основе анализа предоставленного исторического материала и современных научных данных проводится критический разбор термина «объемная сфигмография», возникшего в советской медицинской литературе, и сопоставление его с международными клиническими рекомендациями. Статья демонстрирует, что современный этап характеризуется отказом от упрощенных одномерных моделей в пользу высокоразрешающих визуализирующих технологий и вычислительной гидродинамики

Ключевые слова: история медицины, гемодинамика, сфигмография

Для цитирования: Удалов Ю.Д., Бетуганова А.Т., Мартынова Т.А. Эволюция научных представлений о гемодинамике в артериях: от классической физики к вычислительному моделированию // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 73–78 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-73-78

Yu.D. Udalov, A.T. Betuganova, T.A. Martynova

Evolution of Scientific Concepts of Hemodynamics in Arteries: from Classical Physics to Computational Modeling

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

Contact person: Betuganova Albina Timurovna: betuganova28@gmail.com

Abstract

This paper presents a comprehensive historical, scientific, and biophysical analysis of the development of concepts regarding hemodynamics in the arterial system. It examines the trajectory of scientific thought from the empirical observations of traditional medicine and the era of Galileo to modern methods of three-dimensional computer modeling. Particular attention is paid to the role of the interdisciplinary synthesis of physics, mathematics, and medicine in the development of fundamental laws of blood flow. Based on an analysis of the provided historical material and modern scientific data, a critical analysis of the term "volume sphygmography," which originated in Soviet medical literature, is provided and compared with international clinical guidelines. The article demonstrates that the current era is characterized by a rejection of simplified one-dimensional models in favor of high-resolution imaging technologies and computational fluid dynamics.

Keywords: history of medicine, hemodynamics, sphygmography

For citation: Udalov YuD, Betuganova AT, Martynova TA. Evolution of Scientific Concepts of Hemodynamics in Arteries: from Classical Physics to Computational Modeling. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:73-78. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-73-78

Введение

История изучения пульса и движения крови в организме человека насчитывает несколько тысячелетий. Традиционная китайская медицина на протяжении более чем 3000 лет опиралась на пальпацию радиального пульса как на центральный метод диагностики заболеваний. Одной из первых фундаментальных работ, посвященных анализу артериального пульса, является книга «Май Цзин», написанная Ван Шу-хэ в поздний период династии Хань

около 220 года нашей эры. Аналогичные древние традиции существовали в Индии, передаваясь преимущественно устно от учителя к ученику. В европейской античной традиции Гален описал 27 разновидностей пульса и их прогностическое значение. Проводя вивисекционные эксперименты, он правильно доказал, что артерии заполнены кровью, а не воздухом или «духами», как утверждали его предшественники. Тем не менее Гален ошибочно полагал, что артерии расширяются подобно кузнечным

мехам благодаря некой «пульсирующей силе», притягивая кровь, а не расширяются пассивно под давлением крови, поступающей из сердца.

Подлинное рождение гемодинамики как точной науки произошло в эпоху Возрождения и Нового времени, когда на смену натурфилософии пришли строгие количественные и экспериментальные методы. Галилео Галилей наиболее ярко охарактеризовал этот переход своим знаменитым правилом: «измерил – значит изучил». Преподавая математику в итальянской Падве на рубеже XVI и XVII веков, Галилей оказал колоссальное влияние на формирование новой научной парадигмы. Его лекции слушал Уильям Гарвей, прибывший в Италию из Англии в рамках многолетнего образовательного путешествия. Учителем Гарвея по праву считался Джироламо Фабрицио д'Аквапенденте, однако на выводы Гарвея о кровообращении фундаментальное влияние оказал именно количественный подход Галилея. Проведя расчеты, Гарвей установил, что за полчаса через сердце овцы проходит количество крови, равное ее весу. Это математически исключало возможность непрерывного образования крови в печени, как считалось ранее, и доказывало концепцию ее кругооборота. Поскольку микроскоп еще не был изобретен, Гарвей не видел капилляров, но дедуктивно вывел их существование. Это отражено в дошедшей до нас книге «Анатомическое эссе о движении сердца и крови», которая является всемирным достоянием [1]. Полный путь циркуляции был окончательно идентифицирован лишь в 1661 году, когда Марчелло Мальпиги описал капилляры в легких лягушки.

Физико-математические основы гемодинамики: от классической механики к гидродинамике

Дальнейшее развитие науки о кровообращении требовало привлечения фундаментальных законов физики. На рубеже XVII и XVIII веков существенный вклад в понимание природы жидкостей внес сэр Исаак Ньютон. В своих «Математических основах физики» он математически описал концепцию вязкости жидкости. Ньютон четко продемонстрировал, что силы, необходимые для перемещения слоев жидкости относительно друг друга, прямо пропорциональны градиентам скорости. Данная сила получила название напряжения сдвига, а константа пропорциональности – динамической вязкости жидкости [2]. Эти положения спустя столетия легли в основу изучения кровотока в артериях, в частности в оценке взаимоотношений давления, потока и сосудистого сопротивления.

Именно будучи президентом Королевского общества, Ньютон вдохновил преподобного Стивена Гейлза на написание книги «Гемостатика», изданной в 1733 году [3]. Гейлз был выдающимся ученым-самоучкой, успешно совмещавшим церковную деятельность и науку. Он стал первым, кто произвел прямые измерения артериального давления у животного (вставив канюлю с вертикальной стеклянной трубкой в сонную артерию лошади), и оценил физиологическую реакцию давления на острую кро-

вопотерю. Менее известным, но не менее важным достижением Гейлза стала формулировка концепции периферического сосудистого сопротивления. Кроме того, Гейлз сравнил артериальную систему с перевернутой заполненной воздухом камерой пожарной тележки, которая сглаживала пульсирующий поток воды, делая его непрерывным на выходе из сопла шланга. Он осознал, что артериальная система функционирует как буфер, а артериолы – как сопротивление. В немецком переводе его работы эта камера сжатия упоминалась как Windkessel. Данная модель и в современности описывает амортизирующую роль артериальной эластической системы [4]. Несколько позже Джованни Борелли, которого многие считают отцом биоинженерии за его глубокие исследования мышц и суставов, также описал емкостный эффект эластических артерий в сглаживании пульсирующего потока крови.

Развитие математического аппарата в XVIII веке заложило основы для современных гидродинамических подходов. Леонард Эйлер установил общие уравнения движения жидкости, которые мало чем отличаются от используемых в современной прикладной математике [5]. Его друг и коллега Даниил Бернулли сформулировал основополагающий закон, описывающий распределение давления в связке с превращениями потенциальной и кинетической энергии [6]. Следует подчеркнуть, что Эйлер и Бернулли в своих уравнениях пренебрегали касательными напряжениями и потерями энергии из-за вязкости. В современной медицинской практике при использовании их уравнений вязкостные потери энергии обязательно учитываются как фактор, подлежащий оценке.

В XIX веке полные трехмерные дифференциальные уравнения, описывающие течение реальной жидкости с учетом вязкости, были выведены независимо французским физиком Анри Навье в 1817 году и британским математиком Джорджем Стоксом в 1845 году [7]. Уравнения Навье-Стокса представляют собой законы движения и вязкости Ньютона, примененные к текущей сплошной среде. Ввиду того, что они являются сложными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных, на протяжении десятилетий ученые могли решать их лишь для предельно упрощенных геометрических и потоковых моделей. Данное ограничение на пути к пониманию артериального кровотока в реалистичной геометрии сосудов было преодолено лишь в последние десятилетия благодаря появлению высокоскоростных компьютеров [8].

Параллельно развивалось учение об упругости сосудов. Томас Юнг известен не только теорией цветного зрения, но и работами по скорости распространения пульсовой волны в зависимости от эластичности среды. Его изыскания предшествовали описанной в 1870-х годах Моенсом и Кортевеком фундаментальной взаимосвязи модуля упругости и скорости волны, а также более ранним классическим трудам братьев Веберов [4]. Эти исследования имеют колоссальное значение для современного компьютерного моделирования взаимодействия жидкости со структурой [8].

Инструментальная революция XIX века и эволюция сфигмографии

XIX век стал эпохой создания первых приборов для регистрации гемодинамических параметров. Жан Луи Мари Пуазейль начал исследования кровообращения еще будучи студентом-медиком. Его главным научным достижением стало установление математической взаимосвязи между потоком, градиентом давления и геометрическими размерами трубки (формула Хагена-Пуазейля). Пуазейль также предложил использовать для инвазивного измерения артериального давления U-образно изогнутую трубку (рисунок 1, А), заполненную ртутью, благодаря чему миллиметры ртутного столба стали общепринятой единицей измерения [9].

Манометр Пуазейля был дополнен кимографом Карла Фридриха Вильгельма Людвига (рисунок 1, В). Кимограф Людвига позволил осуществлять непрерывную механическую запись пульсовых колебаний давления, и его значение для развития физиологии сопоставляют со значением изобретения книгопечатания для цивилизации [10].

Дальнейшее развитие методов исследования артерий связано с появлением сфигмографа, предложенного Карлом фон Фирордтом в 1855 году. Фирордт продемонстрировал, что пульс может быть полностью пережат при помощи системы рычагов с аптекарскими грузами, создающими необходимое внешнее давление. Пульсация артерии при этом записывалась на вращающийся барабан кимографа Людвига. Как только масса грузов превышала определенный предел и кровоток в лучевой артерии прекращался, пульс на сфигмограмме пропадал [11].

Другой тип сфигмографа был разработан Этьеном-Жюлем Маре [12] в модификации, выполненной знаменитым часовщиком Абрахамом-Луи Бреге. Маре известен в истории также изобретением фотурюжя и фундаментальным вкладом в развитие кинематографа, а Бреге прославился изобретением турбийона для механических часов. В исторической литературе часто возникает терминологическая путаница: сфигмограф Маре ошибочно называют первой попыткой неинвазивного измерения давления. В действительности устройство Маре не измеряло давление, а лишь графически регистрировало пульсовую волну, позволяя визуализировать ее морфологические особенности (такие как *pulsus magnus* или *pulsus dicroticus*). Приборы Маре получили всемирное распространение благодаря внешней эстетике, приданной знаменитым часовщиком, но спустя несколько десятилетий вышли из употребления.

Метод Фирордта, основанный на пережатии артерии, напротив, получил активное практическое развитие (рисунок 1, Е и F). Разновесы из его устройства были заменены жидкостными камерами в аппарате Самуэля Зигфрида Карла фон Баша, а затем пневматической манжетой в изобретении Сципионе Рива-Роччи в 1896 году [11, 12]. Хотя графическая запись пульса в этих приборах поначалу сохранялась, их стали называть сфигмоманометрами, так как основной целью было измерение (μετρέω) противодействия, прекращающего течение пульса.

Маре также совершил прорыв в области прямого измерения кровотока, используя двойную трубку Пито и опираясь на закон Бернулли [13]. Его исторические записи удивительно похожи на современные доплерограммы, четко демонстрируя фазу обратного кровотока в нисходящей грудной аорте и бедренной артерии.

Для понимания физических явлений, использованных в медицине, важно подчеркнуть временной разрыв между открытием явления и его клиническим применением. Так, обоснование эффекта Доплера было представлено Кристианом Андреасом Допплером в 1842 году, а пьезоэлектрический эффект открыт Жаком и Пьером Кюри, однако в ультразвуковых датчиках эти явления стали массово применяться лишь в середине XX века [14]. В 1883 году Осборн Рейнольдс описал безразмерное отношение инерционных сил к силам вязкого трения (число Рейнольдса), определяющее возникновение турбулентности [15]. В то же время открытие рентгеновских лучей Вильгельмом Конрадом Рентгеном практически сразу повлекло за собой описание Йоханом Георгом Менкебергом артериосклероза с медиальной кальцификацией [16].

Математический анализ гемодинамики в XX веке и советская школа

Достижения XX века характеризовались ускоряющимся использованием прикладной математики и сосудистой биологии. Признание получили работы математика Джона Уомерсли, который совместно с Дональдом Макдональдом исследовал пульсирующий артериальный кровоток. Уомерсли решил уравнения Навье-Стокса для пульсирующего течения в жесткой цилиндрической трубке, определив безразмерный критерий подобия – число Уомерсли [17]. Квадрат этого числа в зарубежной физической литературе часто называют числом Стокса. В физическом смысле число Уомерсли выражает соотношение транзитной (нестационарной) силы инерции и силы вязкого трения. Когда данное число мало (равно единице или меньше), частота пульсаций достаточно низкая для того, чтобы в течение каждого сердечного цикла развивался параболический профиль скорости, а поток находился практически в фазе с градиентом давления. При больших значениях числа Уомерсли (более 10) профиль скорости становится плоским, а средний поток отстает от градиента давления на 90 градусов. В сосудистой сети человека число Уомерсли стремится к единице на уровне терминальных артерий.

Середина XX века стала временем зарождения диагностического ультразвука [14]. Быстро развивалась магнитно-резонансная томография (МРТ): от 1938 года, когда Исидор Исаак Раби заставил молекулярные пучки в магнитном поле излучать радиоволны, до первых МРТ-изображений человека прошло около 40 лет [18], а еще через 10 лет визуализация кровотока стала рутинной клинической практикой [19]. В 1957 году Дональд Фрай впервые ввел концепцию неблагоприятного воздействия силы сдвига жидкости на стенки сосудов,

доказав, что высокое напряжение сдвига на уровне 420 дин/см² вызывает гистологические и биохимические изменения в артериальных эндотелиальных клетках [20].

Неблагоприятные социальные процессы, мировые войны и последующая изоляция СССР привели к тому, что в XX веке лишь малое число отечественных ученых достигло всемирно признанных результатов в области гемодинамики. Безусловным лидером стал хирург Николай Сергеевич Коротков, чей короткий доклад в Императорской военно-медицинской академии в ноябре 1905 года об аускультативном способе измерения давления принес ему мировую славу [21]. Успехи Короткова в сосудистой хирургии, возможно, предшествовали трудам Рудольфа Матаса, которого с подачи Уильяма Ослера называют пионером этого направления.

Не исключено, что некоторые исследователи, публикующие свои труды в России в XX веке, не получили признания из-за случайности. Так, например, профессор из Швеции Петер Нильссон, считающийся одним из пионеров концепции старения артерий, утверждал, что таким пионером вполне мог быть не он, а Георгий Фёдорович Ланг.

Критический анализ концепции объемной сфигмографии

В более поздней советской медицинской литературе трудно обнаружить труды по гемодинамике, внесшие фундаментальный вклад в мировую науку. Некоторые сведения, признанные ошибочными, до сих пор преподносятся отдельными авторами как историческое наследие. Примером является классификация методов исследования гемодинамики, предложенная в 1965 году В.Л. Карпманом в книге «Фазовый анализ сердечной деятельности» [цит. по 22]. Известно, что Карпман разделял сердечный цикл на 12 фаз, объединенных в 4 периода (периоды напряжения и изгнания составляют систолу желудочков, а расслабления и наполнения – диастолу). В своей работе в области спортивной медицины он использовал преимущественно динамокардиографию и баллистокардиографию. Вероятно, лишь умозрительные заключения способствовали включению им в классификацию термина «объемная сфигмография». Предполагалось, что данный метод занимает промежуточное место между классической сфигмографией (считывающей точку пульса на поверхности тела) и плетизмографией (регистрирующей изменения объема части тела, связанные с динамикой кровенаполнения).

В современности данный термин, «объемная сфигмография», настойчиво распространяется среди русскоговорящей медицинской общественности, для обозначения способа «работы» устройств с пневматическими манжетами, служащими в качестве приёмников сигнала. Так, например, авторы, занимающиеся «новыми методами исследования» совершенно необоснованно, без аргументов, ведут речь о «массовом внедрении» «объемной сфигмографии» в практическое здравоохранение (якобы для измерения СПВ), обсуждая, однако, не клини-

ческие аспекты, а приводя технические описания многочисленных одноканальных (одноманжеточных) и многоканальных (многоманжеточных) устройств, и называя их «сфигмографами» [22].

Абсурдность ситуации заключается в том, что пневматическая манжета способна улавливать лишь очень сглаженные, бедные информацией и отличающиеся исключительно только амплитудой осцилляции [23], но никак не истинные сфигмограммы. Подобные осцилляции лежат в основе «осциллометрического» метода измерения давления, но не пригодны для качественного анализа пульсовой волны.

Европейское общество по гипертензии и Американская ассоциация сердца приняли жесткие стандарты: для измерения СПВ в практике могут рекомендоваться только каротидно-феморальные методы (кфСПВ), для которых пригодны аппланационные или ультразвуковые доплеровские датчики, но не манжеты [24]. Использование многоманжеточных систем (например, для расчета сердечно-лодыжечного сосудистого индекса CAVI) приводит к прохождению волной слишком протяженных и неоднородных участков артериального русла [25]. Это вызывает неинтерпретируемую неоднозначность пройденного волной пути и делает невозможным точное сопоставление полученных значений со СПВ в аорте [26]. Что касается одноманжеточных систем для суточного мониторинга СПВ, они базируются на необоснованных модельных предположениях и признаны экспертами непригодными для оценки субклинического поражения органов [28].

В мировой научной литературе термин «объемная сфигмография» отсутствует, за исключением публикаций отдельных русскоязычных авторов и старых работ, не вошедших в мировое научное наследие человечества.

Настоящее время: визуализация, вычислительная гидродинамика и перспективы

Современный этап исследований характеризуется не развитием разновидностей сфигмографов, а возникновением принципиально новых методов на основе мощного прогресса вычислительной техники. Внеофисные методы измерения давления, а именно домашнее мониторирование [29, 30], демонстрируют высокую прогностическую ценность при оценке вариабельности [31]. Исследования гемодинамики продолжают проникать в различные области знаний, включая такие ранее не существующие отрасли, как авиационная [32–34] и даже космическая кардиология.

Главным драйвером прогресса стал беспрецедентный рост диагностического значения визуализирующих методов: МРТ, компьютерной томографии (КТ), позитронно-эмиссионной томографии, трансторакального и внутрисосудистого УЗИ (ВСУЗИ), а также оптической когерентной томографии (ОКТ) [35]. Разрабатываются новые контрасты (например, микропузырьки из н-бутилцианоакрилата для локализации участков эндотелиальной дисфункции [36]) и гибридные технологии визуализации [37, 38].

Благодаря росту вычислительных мощностей получили развитие методы вычислительной гидродинамики (CFD), анализа конечных элементов

и моделирования взаимодействия жидкости со структурой (FSI). Они используются для подробной количественной оценки гемодинамических сил на основе реальных изображений сосудов. Устаревшие классические математические методы не позволяют выводить уравнения, описывающие сложные физические проблемы в артериях конкретного человека. В рамках вычислительного анализа геометрия просвета артерий представляется тысячами крошечных ячеек. Так, для точного расчета кровотока в типичной разветвляющейся артерии, такой как сонная артерия или брюшная аорта, обычно используют от 20 000 до 70 000 элементов трехмерной сетки. Дискретизированные фундаментальные уравнения механики жидкости решаются путем многократного сопоставления значений скоростей и давлений на каждом узле.

Компьютерные симуляции подтверждают, что геометрическая асимметрия ветвления сосудов и вариации их радиусов критически влияют на распределение пристеночного напряжения сдвига [39]. Внедрение подобных систем численного анализа в клиническую практику является главным вектором развития современной гемодинамики.

Заключение

Анализ многовековой эволюции представлений о движении крови в артериях демонстрирует последовательный переход от эмпирических и качественных суждений к строгим физическим и математическим моделям. Классические законы гидродинамики, сформулированные в XVIII–XIX веках, заложили теоретический фундамент дисциплины, однако их прямое аналитическое применение к сложной ветвящейся и эластичной сосудистой системе человека оказалось ограниченным. В XX веке инструментальное развитие позволило внедрить в клиническую практику прямые методы измерения артериального давления и ультразвуковой доплерографии. В то же время возникшие в советской медицине суррогатные концепции, такие как «объемная сфигмография», не выдержали испытания временем и современными стандартами доказательной метрологии. Настоящий этап исследований полностью базируется на междисциплинарном синтезе высокоразрешающих томографических методов и трехмерной вычислительной гидродинамики, что открывает широкие перспективы для персонализированной диагностики и прогнозирования сосудистых катастроф.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

- William Harvey, *Exercitation Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*. Frankfurt: William Fitzer. 1628: 72 p. Available from: <https://archive.org>
- Sect. IX. De motu Circulari Fluidorum. B: Newton, Isaac, Sir. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Daniel Adee, 1846: 594 p. Available from: <https://archive.org>
- Stephen Hales. *Statical Essays: containing Haemastatics*. 2nd ed. London, 1740: 361 p. Available from: <https://archive.org>
- McDonald's Blood Flow in Arteries, 7th ed: Theoretical, Experimental and Clinical Principles. Edited By Wilmer W. Nichols, Michael O'Rourke, Elazer R. Edelman, Charalambos Vlachopoulos. CRC Press. 2022; 854 p. ISBN: 978-0-815-36884-7
- Demidov S.S. Mathematics in Russia at the Turns of History. Digest of articles. MTsNMO, 2021. 340 p. (In Russ) Демидов С.С. Математика в России на поворотах истории. Сборник статей. МЦНМО, 2021. 340 с. ISBN: 978-5-4439-1574-6
- Filobello-Nino U, Vazquez-Leal H, Huerta-Chua J, et al. A symmetric version of the Euler equations by using Generalized Bernoulli Method. *Heliyon*. 2023 Jun 7;9(6):e16947. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e16947.
- Costa G, Barral A, Dubrulle B. Reversible Navier-Stokes equation on logarithmic lattices. *Phys Rev E*. 2023 Jun;107(6-2):065106. doi: 10.1103/PhysRevE.107.065106.
- He Y, Northrup H, Le H, Cheung AK, Berceli SA, Shiu YT. Medical Image-Based Computational Fluid Dynamics and Fluid-Structure Interaction Analysis in Vascular Diseases. *Front Bioeng Biotechnol*. 2022 Apr 27;10:855791.
- Poiseuille JLM. *Recherches sur la Force du Coeur Aortique*. Dissertation, Paris: Didot le Jeune. 1828. 48 p. Available from: <https://archive.org>
- Meinertz T. Zu Unfairly Forgotten: Carl Ludwig: The Founder of Modern Physiology *Dtsch Med Wochenschr*. 2021;146(24-25):1599-1604. (In German) Meinertz T. Unrecht vergessen: Carl Ludwig, Begründer der modernen Physiologie. *Dtsch Med Wochenschr*. 2021;146(24-25):1599-1604. doi: 10.1055/a-1338-3898.
- Roguin A. Scipione Riva-Rocci and the men behind the mercury sphygmomanometer. *Int J Clin Pract*. 2006 Jan;60(1):73-9.
- Karamanou M, Papaioannou TG, Tsoucalas G, et al. Blood pressure measurement: lessons learned from our ancestors. *Curr Pharm Des*. 2015;21(6):700-4. doi: 10.2174/1381612820666141023163313
- Marey EJ. *Physiologie medicale de la circulation du sang*. Paris: Adrien Delahaye. 1863; 568 p. Available from: <https://archive.org>
- Nielsen MB, Sogaard SB, Bech Andersen S, et al. Highlights of the development in ultrasound during the last 70 years: A historical review. *Acta Radiol*. 2021 Nov;62(11):1499-1514. doi: 10.1177/02841851211050859.
- Lauder BE. First steps in modelling turbulence and its origins: a commentary on Reynolds (1895) 'On the dynamical theory of incompressible viscous fluids and the determination of the criterion'. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci*. 2015 Apr 13;373(2039):20140231. doi: 10.1098/rsta.2014.0231.
- Yamamoto Y, Ishikawa Y, Shimpo M, Matsumura M. Mönckeberg's sclerosis. *J Gen Fam Med*. 2020 Sep 28;22(1):55-56. doi: 10.1002/jgf2.380
- Chen X, Zhuang J, Wu Y. The effect of Womersley number and particle radius on the accumulation of lipoproteins in the human aorta. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2020 Aug;23(10):571-584. doi: 10.1080/10255842.2020.1752681.
- Edelman RR. The history of MR imaging as seen through the pages of radiology. *Radiology*. 2014 Nov;273(2 Suppl):S181-200.
- Soulut G, McCarthy P, Markl M. 4D Flow with MRI. *Annu Rev Biomed Eng*. 2020 Jun 4;22:103-126. doi: 10.1146/annurev-bioeng-100219-110055.
- Maselli D, Garoffolo G, Cassanmagnago GA, et al. Mechanical Strain Induces Transcriptomic Reprogramming of Saphenous Vein Progenitors. *Front Cardiovasc Med*. 2022 May 27;9:884031. doi: 10.3389/fcvm.2022.884031.
- Andreev A.A., Ostroushko A.P. Nikolai Sergeevich Korotkov – a Russian surgeon, a pioneer of modern vascular surgery. To the 145th anniversary of the birth. *Vestnik eksperimental'noy i klinicheskoy khirurgii* 2019; 12:1: 83-83. (In Russ) Андреев А.А., Остроушко А.П. Николай Сергеевич Коротков – российский хирург, пионер современной сосудистой хирургии. К 145-летию со дня рождения. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2019; 12:1: 83-83. doi: 10.18499/2070-478X-2019-12-1-83-83
- Zairova A.R., Rogoza A.N. Volume sphygmography today. *Medical alphabet*. 2018;4(36):8-18. (In Russ.) Заирова А.Р., Рогоза А.Н. Объемная сфигмография сегодня. *Медицинский алфавит*. 2018;4(36):8-18. ISSN 2078-5631
- Posokhov IN, Moroz-Vadalazhskaya NN. Oscillometric method: what is it and is it suitable for measuring blood pressure in all patients? *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(9):4075. (In Russ) Посохов И. Н., Мороз-Водолажская Н. Н. «Осциллометрический» метод: что это такое и всем ли пациентам он подходит для измерения артериального давления? *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2024;23(9):4075. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2024-4075>.
- Mancia G, Kreutz R, Brunström M, et al. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hyper-

- tension Endorsed by the European Renal Association (ERA) and the International Society of Hypertension (ISH). *J Hypertens*. 2023 Jun 21. Epub ahead of print. doi: 10.1097/HJH.0000000000003480.
25. Posokhov IN. Pulse wave velocity 24-hour monitoring with one-site measurements by oscillometry. *Med Devices (Auckl)*. 2013;6:11-5. doi: 10.2147/MDER.S42082.
 26. Segers P, Rietzschel ER, Chirinos JA. How to Measure Arterial Stiffness in Humans. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2020 May;40(5):1034-1043. doi: 10.1161/ATVBAHA.119.313132.
 27. Salvi P, Scalise F, Rovina M, et al. Noninvasive Estimation of Aortic Stiffness Through Different Approaches. *Hypertension*. 2019 Jul;74(1):117-129. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12853.
 28. Chirinos JA, Segers P, Hughes T, Townsend R. Large-Artery Stiffness in Health and Disease: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2019 Sep 3;74(9):1237-1263. doi: 10.1016/j.jacc.2019.07.012.
 29. Posokhov IN. On the history of 24-hour blood pressure monitoring. A. I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2023;4:62-5. (In Russ.) Посохов И.Н. К истории суточного мониторингирования артериального давления. Клинический вестник ФМБЦ им. А. И. Бурназяна. 2023;4:62-5. doi:10.33266/2782-6430-2023-4-62-65.
 30. Posokhov IN, Praskurnichiy EA. What's changed in home blood pressure monitoring over the decade? *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(3S):5966. (In Russ.) Посохов И.Н., Праскурничий Е.А. Что изменилось в домашнем мониторингировании артериального давления за десятилетие? Российский кардиологический журнал. 2024;29(3S):5966. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-5966>.
 31. Posokhov IN, Betuganova AT. Evolution and Advancements in Home Blood Pressure Variability: A Current State-of-the-Art Summary. *Am J Cardiol*. 2026 Feb 27;266:86-91. doi: 10.1016/j.amjcard.2026.02.047.
 32. Posokhov I. N., Praskurnichiy E. A., Lizunov V. Yu. Algorithm of medical decisions when planning air travel for passengers after cardiac surgery. *Aerospace and environmental medicine*. - 2025. - Vol. 59, No. 1. - P. 11-16. (In Russ) Посохов И. Н., Праскурничий Е. А., Лизунов В. Ю. Алгоритм врачебных решений при планировании авиаперелета пассажирами после кардиохирургических вмешательств. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. - 2025. - Т. 59, № 1. - С. 11-16. - <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2025-59-1-11-16>.
 33. Posokhov I.N., Praskurnichiy E.A. Evaluation of opportunity for air traveling of patients with cardiac arrhythmias. *Journal of Arrhythmology*. 2023;30(3):e11-e18. (In Russ.) Посохов И.Н., Праскурничий Е.А. Оценка пригодности к авиапутешествиям пациентов с нарушениями ритма сердца. *Вестник аритмологии*. 2023;30(3):e11-e18. <https://doi.org/10.35336/VA-2023-3-1196>
 34. Posokhov I.N., Praskurnichiy E.A. Assessment of medical risks in airline passengers with recent acute and chronic coronary syndromes. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(4):3916. (In Russ.) Посохов И.Н., Праскурничий Е.А. Оценка медицинских рисков у авиапассажиров с недавним острым и хроническими коронарными синдромами. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2024;23(4):3916. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2024-3916>
 35. Nishimiya K, Matsumoto Y, Shimokawa H. Recent Advances in Vascular Imaging. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2020 Dec;40(12):e313-e321. doi: 10.1161/ATVBAHA.120.313609.
 36. Schuurman AS, Vroegindewey M, Kardys I, et al. Near-infrared spectroscopy-derived lipid core burden index predicts adverse cardiovascular outcome in patients with coronary artery disease during long-term follow-up. *Eur Heart J*. 2018; 39:295–302. doi: 10.1093/eurheartj/ehx247
 37. Ughi GJ, Wang H, Gerbaud E, et al. Clinical characterization of coronary atherosclerosis with dual-modality oct and near-infrared autofluorescence imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2016; 9:1304–1314. doi: 10.1016/j.jcmg.2015.11.020.
 38. Curaj A, Wu Z, Rix A, et al. Molecular ultrasound imaging of junctional adhesion molecule depicts acute alterations in blood flow and early endothelial dysregulation. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2018; 38:40–48 doi: 10.1161/ATVBAHA.117.309503.
 39. Simon Wu X, Shields A, Vanderbilt E, et al. Determining 3D Distributions of Pulsatile Blood Flow Using Orthogonal Simultaneous Bi-plane High-Speed Angiography (SB-HSA) with 1000 fps CdTe Photon Counting Detectors for 3D X-ray Particle Image Velocimetry (3D-XPIV) compared to Results Using Computational Fluid Dynamics (CFD). *Proc SPIE Int Soc Opt Eng*. 2023 Feb;12468:124680N. doi: 10.1117/12.2653617.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 23.11.2025. **Принята к публикации:** 25.12.2025.

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: 23.11.2025. **Accepted for publication:** 25.12.2025

С.Ю. Каушанская, Ю.Д. Удалов, А.А. Завьялов

РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ СО ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПОСЛЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ЛЕЧЕНИЯ. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

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

Контактное лицо: Каушанская Светлана Юрьевна: kaushanskay78@mail.ru

Резюме

Реабилитация пациентов с раком молочной железы (РМЖ) является важнейшим компонентом комплексного лечения, направленным на снижение частоты осложнений, улучшение функционального статуса и качества жизни пациентов. Настоящий обзор обобщает современные данные литературы (2022–2025 гг.) по мультидисциплинарной реабилитации после хирургического лечения, химио- и лучевой терапии. Особое внимание уделено физической реабилитации, профилактике и лечению лимфедемы верхней конечности, включая комплексную деконгестивную терапию (CDT), психосоциальной поддержке, восстановлению сексуального здоровья, когнитивной реабилитации и профессиональной адаптации. Современные систематические обзоры и мета-анализы подтверждают эффективность упражнений, CDT и психологических вмешательств в снижении боли, риска лимфедемы, тревожно-депрессивных расстройств и функциональных ограничений, а также в повышении качества жизни. Интеграция персонализированных программ реабилитации, цифровых технологий и долгосрочного наблюдения рассматривается как ключевой фактор улучшения исходов лечения и социальной адаптации пациенток.

Ключевые слова: рак молочной железы, реабилитация, качество жизни, физическая терапия, психологическая поддержка

Для цитирования: Каушанская С.Ю., Удалов Ю.Д., Завьялов А.А. Реабилитация пациентов со злокачественными новообразованиями молочной железы после специализированного лечения. Литературный обзор // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 79–87 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-79-87

S.Yu. Kaushanskaya, Yu.D. Udalov, A.A. Zavialov

Rehabilitation of Patients with Stages I-III Breast Cancer After Specialized Treatment. Literature Review

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

Contact person: Kaushanskaya Svetlana Yuryevna: kaushanskay78@mail.ru

Abstract

Rehabilitation of patients with breast cancer is an essential component of comprehensive treatment aimed at reducing complications, improving functional status, and enhancing survivors' quality of life. This review summarizes recent literature (2022–2025) on multidisciplinary rehabilitation following surgical treatment, chemotherapy, and radiotherapy. Particular attention is given to physical rehabilitation, prevention and management of upper-limb lymphedema including complex decongestive therapy (CDT), psychosocial support, restoration of sexual health, cognitive rehabilitation, and occupational reintegration. Recent systematic reviews and meta-analyses confirm the effectiveness of exercise programs, CDT, and psychological interventions in reducing pain, the risk of lymphedema, anxiety-depressive symptoms, and functional limitations, as well as in improving quality of life. Integration of personalized rehabilitation programs, digital health technologies, and long-term follow-up is considered a key factor in improving treatment outcomes and facilitating patients' social adaptation.

Keywords: breast cancer, rehabilitation, quality of life, physical therapy, psychological support

For citation: Kaushanskaya SYu, Udalov YuD, Zavialov AA. Rehabilitation of Patients with Stages I-III Breast Cancer After Specialized Treatment. Literature Review. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:79-87. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-79-87

Введение

Рак молочной железы (РМЖ) остаётся ведущей онкологической патологией у женщин во всём мире [1]. Благодаря развитию скрининга доля ранних стадий заболевания увеличивается. Использование современных методов лечения приводит к увеличению показателей выживаемости и росту числа пациентов, нуждающихся в реабилитации [2]. Доля ранних стадий (I-II) превышает 70%, а одногодичная летальность снизилась до 4,8%. [3]

Современные подходы к маршрутизации пациенток и этапности реабилитации представлены на рис. 1.

Современные подходы к реабилитации основаны на мультидисциплинарном принципе, раннем начале и непрерывности мероприятий, направленных на снижение осложнений и улучшение качества жизни [4].

Реабилитация направлена на минимизацию поздних осложнений, сохранение функционального статуса и улучшение качества жизни (QoL). Обзор литературы 2022 – 2025 гг. демонстрирует акцент на доказательных программах, включая пре- и постлечебные вмешательства, телереабилитацию и индивидуализированные планы. [5]

Физическая реабилитация и профилактика осложнений

Физическая реабилитация пациентов с раком молочной железы (РМЖ) после специализированного лечения (оперативное лечение, химиотерапия, лучевая терапия) [6] играет ключевую роль в предотвращении осложнений, таких как лимфедема, боль, ограничение подвижности плечевого сустава, мышечная слабость и сердечно-сосудистые нарушения. [7].

Физическая реабилитация начинается на этапе предоперационной подготовки (преабилитация) и продолжается в течение всего периода жизни.

Основные цели: восстановление подвижности плечевого пояса, профилактика контрактур, улучшение кардиореспираторной выносливости и мышечной силы.

Рекомендуемые реабилитационные мероприятия включают аэробные упражнения (150 мин/нед умеренной интенсивности), силовые тренировки, дыхательную гимнастику и др. [8]

В систематическом обзоре «Телереабилитация в послеоперационном лечении рака молочной железы» подтверждается снижение усталости на 20–30% и улучшение физической функции. [9]

Примеры рекомендуемых упражнений и растяжек при РМЖ представлены на рис. 2.

В отечественной практике установлена этапность реабилитации: стационарная, амбулаторная и санаторно-курортная реабилитация.

Согласно систематическим обзорам и мета-анализам, реабилитационные мероприятия на основе упражнений значительно улучшают исходы, снижают послеоперационную боль [10] (средняя разница -0.49, 95% ДИ: -0.71 до -0.27), уменьшают риск лимфедемы (отношение шансов 0.34, 95% ДИ: 0.19-0.61) и улучшают диапазон движений в плечевом суставе (флексия, экстензия, абдукция, аддукция), а также мышечную силу. [11] Рекомендуется начинать реабилитацию рано, включая аэробные упражнения, силовые тренировки и комбинированные программы. Программы физических упражнений эффективны в снижении объема лимфедемы, интенсивности боли и улучшении качества жизни, особенно при вторичной лимфедеме. Силовые упражнения (resistance training) безопасны и уменьшают лимфедему у пациентов с РМЖ, предотвращая ее прогрессирование. Физиотерапия помогает в лечении мышечно-скелетных расстройств, боли и функциональных нарушений, подчеркивая важность профилактики осложнений после лечения. Руководства по реабилитации РМЖ наиболее часто делают акцент ограничения верхней конечности, лимфедеме, боль, усталость и периферическую невропатию, вызванную химиотерапией, рекомендуя мультидисциплинарный подход. Процесс в профилактике и лечении лимфедемы включает раннюю диагностику, обучение пациентов и своевременные мероприятия, такие как компрессионная терапия и физические упражнения,

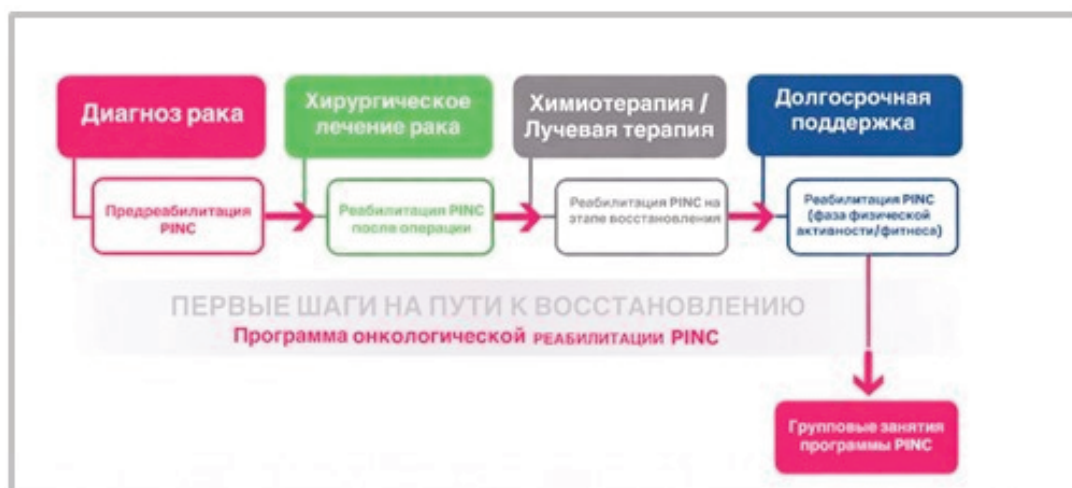


Рис 1. Путь онкологической реабилитации.

Fig 1. Cancer Rehabilitation Pathway



Рис 2. Рак молочной железы: растяжка и упражнения.
Fig 2. Breast Cancer: Stretches and Exercises

что снижает пожизненный риск. Кардиотренировки и комбинированные упражнения (аэробные + силовые) предотвращают сердечную дисфункцию, связанную с терапией (например, снижение фракции выброса левого желудочка), с наибольшей эффективностью у комбинированных программ. Комбинированные упражнения безопасны и улучшают качество жизни, предотвращая осложнения.

Управление лимфедемой верхней конечности

Лимфедема верхней конечности развивается у 15 – 30% пациенток после аксиллярной лимфодиссекции или лучевой терапии на подмышечную область [12].

Клинический пример лимфедемы верхней конечности, ассоциированной с РМЖ, представлен на рис. 3.

Комплексная деконгестивная терапия (CDT) [13] остаётся основным консервативным методом лечения лимфедемы согласно рекомендациям Международного общества лимфологии [14], включая лимфедему верхней конечности, ассоциированную с раком молочной железы (breast cancer-related lymphedema, BCRL).

Виды и структура комплексной деконгестивной терапии:

Комплексная деконгестивная терапия является мультимодальным подходом и включает четыре основных компонента, выполняемых в комплексе:

Мануальный лимфодренаж (Manual Lymphatic Drainage, MLD) – мягкая техника массажа с растяжением кожи, направленная на стимуляцию лимфотока в неповреждённых коллекторах и перенаправление жидкости в альтернативные пути оттока.

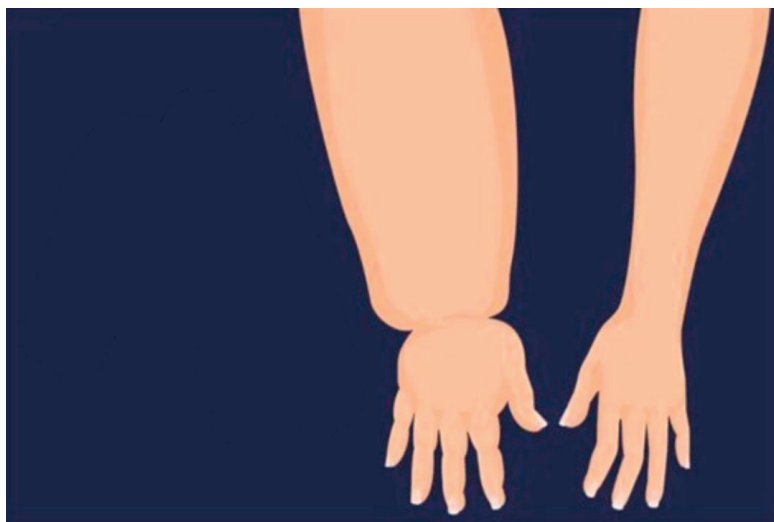


Рис 3. Лимфедема верхней конечности, ассоциированная с раком молочной железы.
Fig 3. Breast cancer-related arm lymphedema.



Рис 4. Компрессионный рукав Bali Night от LymphedIVAs.
Fig 4. Bali Night Compression Arm Sleeve by LymphedIVAs.

Компрессионная терапия – многослойное бинтование (в фазе I) или ношение плоско-вязанных компрессионных изделий (в фазе II).

Лечебная физкультура (упражнения) – специальные движения в компрессии, способствующие мышечной помпе и лимфодренажу.

Уход за кожей и ногтями – профилактика инфекций, увлажнение, защита от травм.

Пожизненное ношение компрессионного рукава обязательно.

Пример компрессионного рукава, применяемого в рамках CDT, представлен на рис. 4.

Фазы терапии

CDT разделяется на две последовательные фазы:

Фаза I (интенсивная, редуکتивная, деконгестивная): Цель – максимальное уменьшение объёма конечности и улучшение тканевой структуры. Проводится под контролем специалиста 4–5 раз в неделю по 60 минут в течение 2 – 8 недель (в зависимости от стадии и выраженности отёка).

Включает ежедневное многослойное бинтование (23 часа в сутки, снимается только для гигиены и MLD), MLD и уход за кожей. Объём снижается наиболее интенсивно в этой фазе.

Фаза II (поддерживающая): Пожизненная. Цель – сохранение достигнутого уменьшения объёма и предотвращение рецидивов. Пациент самостоятельно использует компрессионный рукав днём. Также рекомендованы: ночное бинтование, ежедневные компрессионные упражнения, самостоятельный MLD (20 минут/сутки) и строгий уход за кожей. Регулярный мониторинг специалиста обязателен для коррекции изделий и программы.

Комплексная деконгестивная терапия неинвазивна и безопасна. При правильном выполнении способна уменьшать не только объём, но и прогрессирование фиброза тканей. Также обеспечивает профилактику осложнений и улучшает трофику кожи, функциональный статус конечности и качество жизни.

Механизм действия комплексной деконгестивной терапии заключается в стимуляции лимфангиомоторики и коллатерального оттока;

Эффективность выше при раннем начале (I – II стадия лимфедемы) и соблюдении всех компонентов. Большой эффект наблюдается на поздних стадиях лимфедемы. Мануальный лимфодренаж и упражнения как отдельные компоненты имеют ограниченное влияние на объём, но способствуют снижению боли и улучшению качества жизни.

Добавление упражнений с сопротивлением усиливает функциональные исходы, а комбинация с другими методами (ультразвуковая, ударно-волновая терапия) может улучшать отдельные аспекты.

В 2025 году комплексная деконгестивная терапия остаётся основным консервативным методом лечения BCRL согласно рекомендациям Международного общества лимфологии (International Society of Lymphology) и национальным руководствам. Она превосходит монотерапию (например, только компрессию) по комплексному воздействию на объём, функцию, качество жизни и профилактику осложнений. Несмотря на вариативность протоколов и необходимость стандартизации измерений, доказательная база подтверждает её роль как первой линии терапии при BCRL.

Таким образом, комплексная деконгестивная терапия снижает дальнейшее развитие лимфедемы на 50 – 70% и остается терапией первой линии [15] после лечения рака молочной железы благодаря доказанной многокомпонентной эффективности и долгосрочному контролю состояния.

Хирургические методы лечения лимфедемы включают лимфовенозный анастомоз (LVA) и аутотрансплантацию васкуляризированных лимфатических узлов (VLNT).

Лимфовенозный анастомоз направлен на создание альтернативных путей лимфооттока путём соединения лимфатических сосудов с венами, что наиболее эффективно на ранних стадиях заболевания. Ауто-трансплантация васкуляризированных лимфатических узлов предполагает пересадку лимфатических узлов с сохранённым кровоснабжением и используется преимущественно при более выраженной лимфедеме. Современные исследования показывают уменьшение объёма конечности, частоты инфекционных осложнений и улучшение качества жизни пациентов, однако хирургическое лечение обычно рассматривается как дополнение к консервативной терапии при II–III стадиях заболевания. [16]

Дополнительно в современных программах реабилитации включено обучение пациентов самодисциплине, психологическая поддержка, а также соблюдение норм здорового образа жизни.

Психологическая и психосоциальная реабилитация

Психоземotionalные нарушения выявляются у значительной доли пациенток и требуют регулярного скрининга с использованием валидированных шкал.

Когнитивно-поведенческая терапия и осознанные («mindfulness»)-подходы демонстрируют эффективность в снижении тревоги, депрессии и страха рецидива [17].

Рекомендуется скрининг по шкале HADS с последующей индивидуальной или групповой психокоррекцией. Семейная поддержка и когнитивно-поведенческая терапия эффективны в снижении дистресса.

Психологическая и психосоциальная реабилитация в программах комплексной персонализированной реабилитации пациентов с раком молочной железы представляет собой неотъемлемую составляющую мультидисциплинарного подхода, [18] направленного на снижение дистресса, восстановление эмоционального благополучия, улучшение качества жизни и успешную социальную адаптацию. В современных рекомендациях (2023–2026 годов) подчеркивается необходимость раннего скрининга психологического дистресса и применения доказательных реабилитационных мероприятий, адаптированных к индивидуальным нуждам пациентки (возраст, стадия заболевания, наличие лимфедемы, семейный статус, уровень тревоги/депрессии, культурные особенности).

Основные компоненты психологической и психосоциальной реабилитации. Комплексные персонализированные программы снимают тревогу, депрессию, страх рецидива [19] и включают следующие ключевые элементы, интегрируемые в стационарную, амбулаторную и поддерживающую фазы реабилитации:

Скрининг и оценка психологического статуса.

Регулярное использование валидированных инструментов: Госпитальная шкала тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale; HADS), Дистресс термометр (Distress Thermometer (DT ≥ 4 требует вмешательства), Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9), Generalized Anxiety Disorder-7 (GAD-7), а также опросники качества жизни (EORTC QLQ-C30/BR23, FACT-B). Оценка проводится на этапе предоперационной подготовки, во время лечения и в постлечебный период (каждые 3 – 6 месяцев в первые 2 года). Персонализация основана на выявлении доминирующих проблем (страх рецидива, депрессия, тревога, когнитивные нарушения, сексуальные дисфункции).

2. Индивидуальные психотерапевтические вмешательства

Когнитивно-поведенческая терапия (CBT) – наиболее изученный и эффективный метод; фокусируется на коррекции дисфункциональных мыслей (катастрофизация рецидива), развитии навыков в преодолении трудностей и релаксации. Краткосрочные протоколы (8 – 12 сессий) демонстрируют снижение тревоги и депрессии на 30 – 50%.

Программа снижения стресса на основе осознанности (Mindfulness-Based Stress Reduction; MBSR) и Когнитивная терапия на основе осознанности (Mindfulness-Based Cognitive Therapy; MBCT) – групповые или индивидуальные программы (8 недель, 2 – 2,5 часа в неделю + домашняя практика);

эффективны для снижения дистресса, улучшения эмоциональной регуляции и качества сна.

Терапия принятия и ответственности (Acceptance and Commitment Therapy; АСТ) – особенно полезна при высоком страхе прогрессирования; способствует принятию неизбежных изменений и фокусировке на ценностях жизни.

Нарративная терапия и экзистенциальные подходы – помогают переосмыслить опыт болезни, восстановить идентичность и найти смысл (пост-травматический рост - posttraumatic growth).

3. Групповые формы поддержки

Поддерживающе-экспрессивная групповая психотерапия – позволяет выражать эмоции, получать социальную поддержку, улучшать отношения с близкими и врачами.

Группы взаимопомощи и сопровождающие-программы – способствуют снижению чувства изоляции, обмену опытом и формированию «новой нормальности».

Онлайн-форматы (телереабилитация) – особенно актуальны для удаленных регионов; включают вебинары, чат-группы и приложения для ежедневной практики.

4. Психообразование и навыки самопомощи. Информирование о природе когнитивных нарушений, страхе рецидива, изменениях тела и сексуальности. Обучение техникам релаксации, дыхательным упражнениям, ведению дневника эмоций и стратегиям управления стрессом. Персонализированные планы включают семейное консультирование для поддержки близких.

5. Интеграция с другими аспектами реабилитации

Сексуальное здоровье: консультации сексолога, техники фокуса на ощущениях, локальные увлажнители и гормональная коррекция (при согласовании с онкологом).

Возврат к работе: когнитивная тренировка + эргономика для преодоления усталости и снижения когнитивных ограничений.

Социальная адаптация: работа с чувством вины, стигмой, изменением ролей в семье; вовлечение в волонтерство или в защиту интересов.

6. Современные технологии и персонализация

Цифровые вмешательства (мобильное здравоохранение, приложения, телемедицина) – для ежедневного мониторинга настроения и доставки осознанных-сессий; доказана эффективность в снижении тревоги и депрессии.

В зависимости от тяжести симптомов применяется ступенчатая модель: от минимальных вмешательств (психообразование) к интенсивным практикам (индивидуальная терапия). Учитывая культурные и возрастные факторы, имеются программы для молодых пациенток, делающие акцент на фертильность, карьеру и сексуальность, и для пожилых – одиночество и коморбидность.

Доказательная база и результаты систематических обзоров подтверждают, что персонализированные психосоциальные вмешательства значительно снижают тревогу, депрессию и страх рецидива,

улучшают качество жизни. В комплексных программах реабилитации (3 – 4 недели стационара + амбулаторное продолжение) минимум 90 минут психологической помощи в неделю рекомендуется стандартами. Раннее начало (преабилитация) и долгосрочная поддержка (фаза survivorship) обеспечивают наибольший эффект.

Таким образом, психологическая и психосоциальная реабилитация в персонализированных программах строится на принципах доказательности, мультидисциплинарности и ступенчатости, с акцентом на индивидуальные нужды пациентки для достижения устойчивого эмоционального восстановления и социальной интеграции.

Восстановление сексуального здоровья и качества жизни

Сексуальная дисфункция после лечения РМЖ является распространённой проблемой и требует мультидисциплинарного подхода [20]. Гормонотерапия и химиотерапия вызывают вагинальную атрофию, снижение либидо и диспареунию.

Рекомендуются локальные эстрогены, увлажнители и консультация сексолога. Реконструктивные операции улучшают удовлетворенность телом. [21] Показатели сексуального благополучия пациенток после различных видов хирургического лечения представлены на рис. 5, где отмечается статистически значимое снижение данного показателя после мастэктомии по сравнению с органосохраняющими вмешательствами.

Сексуальное здоровье часто остается нерешенной проблемой для выживших после рака, особенно у женщин, с частыми жалобами на снижение интереса, функции и удовлетворения, что влияет на долгосрочное благополучие. Исследования показывают значительное снижение глобального качества жизни, сексуальной и супружеской функций через 1 – 3 года после лечения, несмотря на хорошую физическую и эмоциональную адаптацию в других аспектах. Восстановление сексуального здоровья и качества жизни у пациентов с РМЖ после лечения включает решение проблем интимности, сексуальной дисфункции, психологического благополучия и социальных аспектов. Терапия, направленная на укрепление мышц тазового дна, улучшает функцию мочевого, кишечной, вагинальной, сексуальной и психологической систем, а также качество жизни после лечения РМЖ.

Сексуальное здоровье зависит от стадии заболевания, лечения и психосоциальных факторов, требуя индивидуального подхода. [22]

Реабилитация после лечения фокусируется на долгосрочной поддержке, решая проблемы качества жизни и сексуальности.

Профессиональная и социальная адаптация

Ранние реабилитационные программы способствуют возвращению к работе у большинства пациенток и улучшению качества жизни [23].

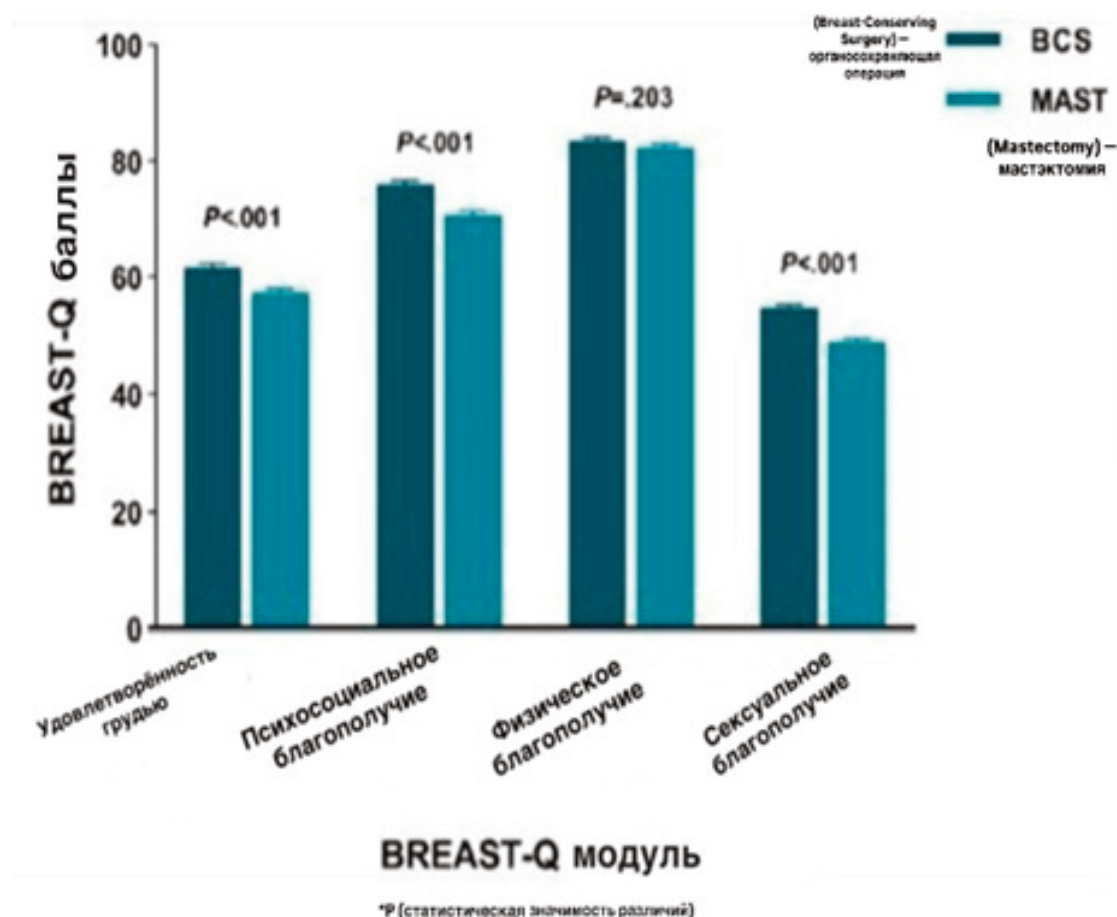


Рис 5. Различия в качестве жизни среди пациентов с раком молочной железы.
Fig 5. Differences in quality of life among patients with breast cancer.

Когнитивные нарушения после лечения могут ограничивать профессиональную продуктивность. [24]

Программы включают эргономику и когнитивную тренировку [25], которые представляют собой ключевые компоненты комплексной реабилитации пациентов, перенесших рак молочной железы, в процессе трудовой (профессиональной) и психосоциальной адаптации. Эти вмешательства направлены на минимизацию функциональных ограничений, связанных с последствиями лечения (хирургия, химиотерапия, лучевая терапия), и способствуют устойчивому возвращению к трудовой деятельности, сохранению социальной роли и повышению качества жизни.

Эргономика в трудовой и психосоциальной адаптации подразумевает систематическое приспособление к рабочему месту, условиям труда и организационным факторам с учетом индивидуальных возможностей пациента и направлена на предотвращение перегрузок, снижения риска осложнений (в частности, лимфедемы верхней конечности, болевого синдрома, усталости) и обеспечения безопасного и продуктивного выполнения профессиональных задач.

К основным элементам эргономических вмешательств относятся: оценка рабочего места и функционального статуса пациента, включающие: анализ позы, высоты стола/стула, расположения

монитора, клавиатуры, мыши, характера нагрузки (подъем тяжестей, повторяющиеся движения рукой на стороне операции). Для модификации рабочей среды рекомендовано использование регулируемых столов и кресел, эргономичных клавиатур и мышей, подставок для ног, подлокотников; размещение монитора на уровне глаз и внедрение антискользящих ковриков и ортопедических подушек для предотвращения напряжения плечевого пояса и шеи.

Рекомендована оптимизация режима труда введением микропауз (5 – 10 минут каждые 45 – 60 минут), чередованием сидячей и стоячей работы, постепенным увеличением нагрузки при возвращении к работе (градуированный возврат: от 2 – 4 часов в день); исключением или ограничением подъема тяжестей более 2 – 5 кг на стороне поражения, ночных смен и чрезмерного физического напряжения.

При лимфедеме используются специфические меры: ношение компрессионного рукава во время работы, избегание длительного опускания руки вниз, использование эргономичных инструментов с широкими рукоятками, обучение технике подъема предметов без нагрузки на аксиллярную зону.

Для предотвращения эмоционального выгорания используется интеграция с психосоциальными аспектами: снижение стресса от несоответствия рабочего места состоянию здоровья, повышение

уверенности в профессиональных возможностях, улучшение баланса работы и отдыха

В трудовой и психосоциальной адаптации когнитивная тренировка направлена на коррекцию когнитивных нарушений, индуцированных лечением, которые проявляются снижением внимания, рабочей памяти, скорости обработки информации, исполнительных функций и могут существенно ограничивать профессиональную продуктивность и социальную адаптацию [26]. Основные компоненты когнитивной тренировки включают:

Компьютеризированные программы: регулярные сессии (3 – 5 раз в неделю по 30 – 60 минут) с упражнениями на внимание (например, задачи на устойчивость и переключение внимания), рабочую память (запоминание последовательностей, n-back задачи), исполнительные функции (планирование, гибкость мышления), скорость реакции.

Для индивидуализации и мониторинга используются платформы: CogniFit, Lumosity, специализированные онкологические модули (MoCA, Trail Making Test, FACT-Cog) и повторные тесты для коррективной программы; продолжительность – 8 – 14 недель с последующим поддерживающим режимом.

К методам эрготерапии относятся интеграция когнитивных упражнений в повседневные профессиональные задачи (симуляция рабочих сценариев, стратегии компенсации — списки, напоминания, структурирование дня) и дополнительные подходы: виртуальная реальность (VR) для иммерсивной тренировки внимания и исполнительных функций; комбинированные программы с психообразованием (объяснение природы когнитивных изменений, техники самоконтроля) и осознанностью для снижения тревоги.

Результаты исследований показывают значимое улучшение исполнительных функций и внимания, что коррелирует с повышением субъективной уверенности в когнитивных способностях и облегчением выполнения сложных профессиональных задач. В

психосоциальном аспекте тренировка снижает уровень депрессии и тревоги, повышает самооценку и способствует социальной интеграции за счёт восстановления способности к планированию и общению.

В целом, эргономика и когнитивная тренировка интегрируются в мультидисциплинарные программы возвращения к работе, обеспечивая не только физическую и когнитивную адаптацию, но и психологическую устойчивость, что критически важно для долгосрочного профессионального и социального благополучия пациентов.

Таким образом, данные вмешательства способствуют повышению работоспособности, снижению частоты обострений симптомов и успешному возвращению к трудовой деятельности у 60–80% пациенток при раннем начале.

Заключение

Реабилитация пациентов с РМЖ после лечения требует мультидисциплинарного подхода, раннего начала и мониторинга в течение жизни. [27] Обзор литературы подтверждает эффективность комплексной деконгестивной терапии, упражнений и психологической поддержки в улучшении функционального статуса и качества жизни. [28]

Таким образом, представленный обзор систематизирует современные данные о комплексной реабилитации пациенток с раком молочной железы, подчеркивая значимость раннего начала и непрерывности реабилитационных мероприятий, и способствует формированию междисциплинарного подхода к реабилитации пациенток с РМЖ; внедрению доказательных программ профилактики лимфедемы и функциональных нарушений; повышению внимания к психосоциальным и сексуальным аспектам долгосрочной поддержки; развитию персонализированных и цифровых моделей реабилитации; оптимизации долгосрочного качества жизни и социальной адаптации пациенток.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

1. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. CA: A Cancer Journal for Clinicians. 2021;71;3:209-249. Doi: 10.3322/caac.21660.
2. Киселева М.В., Денисов М.С., Лунькова М.Н., Жарикова И.А., Иванов С.А., Каприн А.Д., Литвякова Е.В. Реабилитация больных раком молочной железы после радикального лечения // Клинический разбор в общей медицине. 2023. Т.4. №12. С. 46-50 [Kiseleva M.V., Denisov M.S., Lun'kova M.N., Zharikova I.A., Ivanov S.A., Kaprin A.D., Litvyakova Ye.V. Rehabilitation of Patients with Breast Cancer after Radical Treatment. *Klinicheskiy Razbor v Obshchey Meditsine* = Clinical Review for General Practice. 2023;4;12:46-50 (In Russ.)]. Doi: 10.47407/kr2023.4.12.00330.
3. Wagle N.S., Nogueira L., Jemal A., Miller K.D. Cancer Treatment and Survivorship Statistics, 2025. CA: A Cancer Journal for Clinicians. 2025;75;4:308-340. Doi: 10.3322/caac.70011.
4. Campbell K.L., Winters-Stone K.M., Wiskemann J., May A.M., Schwartz A.L., Courneya K.S., Zucker D.S., Matthews C.E., Ligibel J.A., Gerber L.H., Morris G.S., Patel A.V., Hue T.F., Perna F.M., Schmitz K.H. Exercise Guidelines for Cancer Survivors: Consensus Statement from International Multidisciplinary Roundtable. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2019;51;11:2375-2390. Doi: 10.1249/MSS.0000000000002116.
5. Leitzelar B.N., Willis E.A., Tranel H.R., McDowell B.D., Suneja G., Charlton M.E., Chrischilles E.A. Updated Systematic Review and Meta-Analysis: Taking the Next Step in Physical Activity Behavioral Interventions for Post-Treatment Breast Cancer Survivors. Breast Cancer Research and Treatment. 2026;215;2:56. Doi: 10.1007/s10549-025-07892-3.
6. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. М.: Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А.Герцена, 2023. 239 с. [Kaprin A.D., Starinskiy V.V., Shakhzadova A.O. *Sostoyaniye Onkologicheskoy Pomoshchi Naseleniyu Rossii v 2022 Godu* = The State of Oncological Care for the Population of Russia in 2022. Moscow, Moskovskiy Nauchno-Issledovatel'skiy Onkologicheskiy Institut im. P.A.Gertsena Publ., 2023. 239 p. (In Russ.)]. ISBN: 978-5-85502-283-4.
7. Rockson S.G. Breast Cancer-Related Lymphedema: The Primary/Secondary Conundrum. Lymphatic Research and Biology. 2023;21;2:99-100. Doi: 10.1089/lrb.2023.29141.editorial.
8. Xue T., Zhang L., Zhang D. Exercise-Based Interventions for Post-operative Rehabilitation in Breast Cancer Patients: a Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Medicine. 2025;104;34:e43705. Doi: 10.1097/MD.00000000000043705.
9. Santacaterina F., Campagnola S., Santacaterina G., De Salvo S., Riz-

- zuto M.A., Berton M., Ramaci T., Schwanhauser K., Ramaci S., Straudi S. Telerehabilitation in Postoperative Breast Cancer Care: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. 2025;12:e77161. Doi: 10.2196/77161.
10. Cano-Uceda A., Gil-Rojas S., López-Ortiz S., Pelegrina B., Martín-Hernández J., Pérez-López F.R. From Evidence to Practice: a Systematic Review and Meta-Analysis on the Effects of Supervised Exercise on Fatigue in Breast and Prostate Cancer Survivors. *Applied Sciences*. 2025;15:8399. Doi: 10.3390/app15158399.
 11. Xue T., Zhang L., Zhang D. Exercise-Based Interventions for Postoperative Rehabilitation in Breast Cancer Patients: a Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Medicine*. 2025;104;34:e43705. Doi: 10.1097/MD.00000000000043705.
 12. DiSipio T., Rye S., Newman B., Hayes S. Incidence of Unilateral Arm Lymphoedema after Breast Cancer: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Lancet Oncology*. 2013;14;6:500-515. Doi: 10.1016/S1470-2045(13)70076-7.
 13. International Society of Lymphology. The Diagnosis and Treatment of Peripheral Lymphedema: 2023 Consensus Document of the International Society of Lymphology. *Lymphology*. 2023;56;4:133-151.
 14. Shamoun S., Al-Hijji M., Al-Harbi H., Al-Qatani S., Al Shammari M., Al Shammari S., Elshazly M. Complete Decongestive Therapy Effect on Breast Cancer Related to Lymphedema: a Systemic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 2023;24;7:2225-2238. Doi: 10.31557/APJCP.2023.24.7.2225.
 15. García-Chico C., López-Ortiz S., Martín-Hernández J., Pelegrina B., Calderón-Díaz M.J., Pérez-López F.R. Physical Exercise and Breast Cancer-Related Lymphedema: an Umbrella Review, Systematic Review and Meta-Analysis. *Disability and Rehabilitation*. 2026;48;2:259-275. Doi: 10.1080/09638288.2025.2536722.
 16. Theiner S., Kalmar P., Mayer J., Reischl H., Puchner S., Hladik M. Comparison of Lymphovenous Anastomosis and Vascularized Lymph Node Transfer in Lymphedema Treatment - a Literature Review. *Acta Chirurgiae Plasticae*. 2025;67;1:42-50. Doi: 10.48095/ccachp202542.
 17. Kim M., Kim S., Kim J., Lee S., Park J. Effects of Web-Based Interventions on Anxiety and Depression in Patients with Breast Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Psycho-Oncology*. 2025 May;34;5:e70167. Doi: 10.1002/pon.70167.
 18. Andersen B.L., Lacchetti C., Ashing K., Berek J.S., Berman B.S., Breitbart W., Crogan N., Fincannon J.L., Gaguski M.E., Greenwald J., Hagan T., Hallmeyer S., Hammer S.L., Hicks J., Hughes H.L., Jefford M., Jhangiani H., Katheria V., Ligibel J.A., Lim N., Loscalzo M.J., Luster M., Mitchell B.J., Smith M.L., Spiegler G., Stasi R., Walling A.M., Witherspoon B., Corsi N., Riba M.B. Management of Anxiety and Depression in Adult Survivors of Cancer: ASCO Guideline Update. *Journal of Clinical Oncology*. 2023;41;18:3426-3453. Doi: 10.1200/JCO.23.00293.
 19. Andersen B.L., Lacchetti C., Ashing K., Berek J.S., Berman B.S., Breitbart W., Crogan N., Fincannon J.L., Gaguski M.E., Greenwald J., Hagan T., Hallmeyer S., Hammer S.L., Hicks J., Hughes H.L., Jefford M., Jhangiani H., Katheria V., Ligibel J.A., Lim N., Loscalzo M.J., Luster M., Mitchell B.J., Smith M.L., Spiegler G., Stasi R., Walling A.M., Witherspoon B., Corsi N., Riba M.B. Management of Anxiety and Depression in Adult Survivors of Cancer: ASCO Guideline Update. *Journal of Clinical Oncology*. 2023;41;18:3426-3453. Doi: 10.1200/JCO.23.00293.
 20. Rojas K.E. Sexual Health Considerations to Improve Survivorship in Breast Cancer. *CancerNetwork*. 2025.
 21. Dizon D.S. Sexual Health and Lifestyle Considerations for Breast Cancer Survivors // AACR Cancer Research Catalyst. 2025. URL: www.aacr.org/blog/2025/01/07/sex-drugs-and-rock-and-roll-for-breast-cancer-patients/.
 22. Kim M., Carter J., Tadros A.B., Abuhdra N., Nelson J.A., Stern C.S. A Guide for Addressing Sexual Health in Breast Cancer Patients. *Journal of Surgical Oncology*. 2024;129;6:1034-1040. Doi: 10.1002/jso.27602.
 23. Magnavita N., Di Prinzio R.R., Meraglia I., Fileni A., Sabatelli D., Aurilio C., Chiorri C. Returning to Work after Breast Cancer: A One-Year Mixed-Methods Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2024;21;8:1057. Doi: 10.3390/ijerph21081057.
 24. Stout N.L., Silver J.K., Raj V.S., Rowland J.H., Gerber L., Cheville A., Ness K.K., Squires K., Nitkin R., Stubblefield M.D., Haylock P.J., Mitchell S.A., Jacobsen P.B., Demark-Wahnefried W., Gilchrist L., Gerber N.L., Morris G.S., Prudence A., Santacaterina S., Harrington S.E. Toward a National Initiative in Cancer Rehabilitation: Recommendations from a Subject Matter Expert Group. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2016;97;11:2006-2015. Doi: 10.1016/j.apmr.2016.05.002.
 25. Alfano C.M., Stout N.L., Harrington S.E., Leach C.R., Padgett L.S., Pergolotti M., Jacobsen P.B., Campbell G., Lyons K.D., McKenna K., Stein K., Zucker D.S., Lyons J., Hammer S.L., Ness K.K., Wallner L.P., Gilchrist L.S. Roadmap for Connecting Cancer Rehabilitation with Survivorship to Improve Patient Outcomes and Clinical Efficiency. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2024;103;3S:S32-S40. Doi: 10.1097/PHM.0000000000002425.
 26. García-Chico C., López-Ortiz S., Martín-Hernández J., Pelegrina B., Calderón-Díaz M.J., Pérez-López F.R. Physical Exercise and Breast Cancer-Related Lymphedema: an Umbrella Review, Systematic Review and Meta-Analysis. *Disability and Rehabilitation*. 2026;48;2:259-275. Doi: 10.1080/09638288.2025.2536722.
 27. Gilchrist L., Gilchrist D. Effectiveness of Complete Decongestive Therapy for Upper Extremity Breast Cancer-Related Lymphedema: a Review of Systematic Reviews. *Medical Oncology*. 2024;41;11:297. Doi: 10.1007/s12032-024-02421-6.
 28. Santacaterina F., Campagnola S., Santacaterina G., De Salvo S., Rizzuto M.A., Berton M., Ramaci T., Schwanhauser K., Ramaci S., Straudi S. Telerehabilitation in Postoperative Breast Cancer Care: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. 2025;12:e77161. DOI: 10.2196/77161.
 29. Soto-Ruiz N., García-Mateos M., Fernández-Ortega P., Martínez-López E., García-Gómez S., Martín-Gómez E., Navarro-Rodríguez A., López-Soto P.J. Feasibility and Acceptability of a Mobile App to Improve Quality of Life of Long-Term Breast Cancer Survivors: Single-Arm Pre-Post Intervention Pilot Study. *JMIR Cancer*. 2025;11:e76719. Doi: 10.2196/76719.
 30. Schapira L., Miller K.D., Yennu S., Carlson L.E., Nekhlyudov L., Ashing K.T., Jacobsen P.B. Cancer Treatment and Survivorship Statistics, 2025. CA: A Cancer Journal for Clinicians. 2025 Jul-Aug;75;4:308-340. Doi: 10.3322/caac.70011.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 23.01.2026. **Принята к публикации:** 25.02.2026.

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: 23.01.2026. **Accepted for publication:** 25.02.2026

Ю.Д. Удалов¹, М.И. Токарева², Ю.С. Китаева³, Е.Ю. Суморокова², Е.В. Кузнецова²

ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО СТАТУСА У ПАЦИЕНТОВ С ЛИМФОМОЙ ХОДЖКИНА, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ПАТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИЕЙ

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва²ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России г. Екатеринбург³ФГАОУ ВО «Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

Контактное лицо: Китаева Юлия Сергеевна: jkhema@yandex.ru

Резюме

Введение: лимфома Ходжкина (ЛХ) характеризуется выраженными нарушениями механизмов иммунного надзора, вызванными гиперэкспрессией молекул PD-L1/L2 опухолевыми клетками. Несмотря на высокую эффективность стандартной полихимиотерапии (ПХТ) у части пациентов наблюдается рефрактерное или рецидивирующее течение заболевания. Внедрение ингибиторов контрольных точек, таких как ниволумаб, позволяет преодолеть этот барьер, однако влияние данных препаратов на долгосрочный иммунный статус пациентов остается недостаточно изученным, что определяет актуальность настоящего исследования.

Цель: провести сравнительный анализ показателей иммунного статуса у пациентов с лимфомой Ходжкина в зависимости от вида патогенетической терапии.

Материалы и методы: в исследование включено десять пациентов с ЛХ, получающие ПХТ и девять пациентов, получающие ниволумаб в моно-режиме. Контрольную группу составили девять здоровых добровольцев. Оценка иммунного статуса проводилась методом проточной цитометрии с анализом иммунограммы. Статистическая обработка данных выполнена с применением критериев Краскелла–Уоллиса и Манна–Уитни.

Результаты: стандартная ПХТ приводит к формированию гипореактивного иммунного профиля, сопровождающегося снижением уровня CD3+ Т-лимфоцитов и CD4+ Т-хелперов по сравнению с группой контроля. Применение ниволумаба способствует восстановлению функциональной активности Т-клеточного звена, что сопровождается более высокими показателями CD3+, CD4+ и Т-NK-клеток по сравнению с группой ПХТ.

Выводы: использование ниволумаба у пациентов с рефрактерным и рецидивирующим течением ЛХ является не только таргетным воздействием на опухолевый клон, но и инструментом модуляции иммунитета.

Ключевые слова: лимфома Ходжкина, ниволумаб, полихимиотерапия, иммунный статус, PD-1 ингибиторы, вторичный иммунодефицит, онкогематология

Для цитирования: Удалов Ю.Д., Токарева М.И., Китаева Ю.С., Суморокова Е.Ю., Кузнецова Е.В. Особенности иммунного статуса у пациентов с лимфомой Ходжкина, ассоциированные с патогенетической терапией // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 88–92 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-88-92

Y.D. Udalov¹, M.I. Tokareva², Y.S. Kitaeva³, E.Yu. Sumorokova², E.V. Kuznetsova²

Features Of Immunological Status in Patients with Hodgkin's Lymphoma Associated with Pathogenetic Therapy

¹International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia²Federal State Budgetary Institution of Higher Professional Education «Urals State Medical University», Moscow, Russia³Russian National Research Medical University named after. N. I. Pirogova, Moscow, Russia

Contact person: Kitaeva Julia Sergeevna: jkhema@yandex.ru

Abstract

Background: hodgekin's lymphoma (HD) is characterized by pronounced violations of the mechanisms of immune surveillance caused by overexpression of PD-L1/L2 molecules by tumor cells. Despite the high effectiveness of standard polychemotherapy (PCT), some patients have a refractory or recurrent course of the disease. The introduction of checkpoint inhibitors such as nivolumab makes it possible to overcome this barrier, however, the effect of these drugs on the long-term immune status of patients remains poorly understood, which determines the relevance of this study.

Objective: to conduct a comparative analysis of immune status indicators in patients with Hodgkin's lymphoma, depending on the type of pathogenetic therapy.

Materials and methods: the study included 10 patients with HD receiving PCT and 9 patients receiving nivolumab in a mono-mode. The control group consisted of 9 healthy volunteers. The immune status was assessed by flow cytometry with immunogram analysis. Statistical data processing was performed using the Kraskell–Wallis and Mann–Whitney criteria.

Results: standard PCT leads to the formation of a hyporeactive immune profile, accompanied by a decrease in the level of CD3+ T lymphocytes and CD4+ T helper cells compared with the control group. The use of nivolumab helps restore the functional activity of the T-cell link, which is accompanied by higher rates of CD3+, CD4+ and T-NK cells compared with the PCT group.

Conclusions: the use of nivolumab in patients with PC is not only a targeted effect on the tumor clone, but also a tool for modulating immunity

Keywords: *Hodgkin's lymphoma, nivolumab, polychemotherapy, immune status, PD-1 inhibitors, secondary immunodeficiency, oncohematology*

For citation: Udalov YD, Tokareva MI, Kitaeva YS, Sumorokova EYu, Kuznetsova EV. Features Of Immunological Status in Patients with Hodgkin's Lymphoma Associated with Pathogenetic Therapy. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:88-92. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-88-92

Введение

Патогенез лимфомы Ходжкина (ЛХ) неразрывно связан с нарушением механизмов иммунного надзора, что в значительной степени обусловлено дисфункцией микроокружения опухоли [1]. Процесс формирования противоопухолевого иммунного ответа базируется на распознавании опухолевых антигенов антигенпрезентирующими клетками (АПК) и их презентации в комплексе с молекулами главного комплекса гистосовместимости (МНС) II класса Т-лимфоцитам [2]. Взаимодействие Т-клеточного рецептора (TCR) с представленным антигеном инициирует активацию, клональную экспансию Т-хелперов и последующую секрецию регуляторных цитокинов (IL-2, IFN- γ , TNF- β), формирующих эффекторное звено противоопухолевого ответа [2, 3].

Однако опухолевые клетки Рида-Штернберга-Березовского могут «ускользнуть» от иммунного ответа [4]. Ключевым механизмом данной супрессии является гиперэкспрессия лигандов PD-L1 и PD-L2, что генетически обусловлено амплификацией локуса 9p24.1 [5]. Взаимодействие указанных лигандов с рецептором PD-1 на поверхности цитотоксических Т-лимфоцитов приводит к развитию «иммунного истощения» эффекторных клеток, подавлению их пролиферативной активности и снижению цитотоксического потенциала [2, 6].

Несмотря на высокую курабельность ЛХ при использовании стандартных режимов полихимиотерапии (ПХТ), в 5 – 10% случаев наблюдается первично-рефрактерное или рецидивирующее течение [7]. Для данной когорты больных стандартная терапия часто оказывается недостаточно эффективной, а её интенсификация сопряжена с кумулятивной токсичностью. Внедрение ингибиторов контрольных точек (ИКТ), в частности ниволумаба, стало прорывом для данной категории пациентов [8]. Блокада пути PD-1/PD-L1 позволяет восстановить противоопухолевую активность Т-лимфоцитов, что демонстрирует ответ на терапию у части рефрактерных пациентов [2].

Накопление данных об эффективности применения ниволумаба в реальной клинической практике, оценках структуры и частоты осложнений терапии, особенностях оценки эффекта лечения, а также определение клинических и лабораторных факторов прогноза могут позволить улучшить результаты лечения пациентов с рефрактерной/рецидивирующей ЛХ [8].

Вопросы долгосрочной иммунологической перестройки организма после применения ИКТ остаются малоизученными. Особый интерес представляет когорта молодых пациентов, для которых критически важно не только достижение полной ремиссии, но и минимизация отсроченных последствий терапии.

Таким образом, вопрос изменения иммунного статуса у молодых пациентов с ЛХ, получивших ПХТ и ниволумаб в последующих линиях терапии, является весьма актуальным.

Цель

Провести сравнительный анализ иммунного статуса у пациентов с лимфомой Ходжкина в зависимости от типа проведенной патогенетической терапии.

Материалы и методы

В исследование были включены пациенты мужского и женского пола старше 18 лет, подписавшие добровольное информированное согласие. Пациенты были разделены на три основные группы: пациенты, получившие стандартную полихимиотерапию (ПХТ) – десять человек, пациенты, получавшие ниволумаб в моно-режиме – девять человек и группа контроля – девять человек – здоровые добровольцы без отягощенного онкологического или тяжелого сопутствующего анамнеза.

Диагноз ЛХ установлен на основании комплексного обследования, включавшего клинико-лабораторные данные (общий и биохимический анализ крови), инструментальные методы (компьютерная томография или позитронно-эмиссионная томография/компьютерная томография) и обязательное морфологическое подтверждение диагноза путем биопсии лимфатического узла с последующим гистологическим и иммуногистохимическим исследованием. Стадирование проводилось в соответствии с международной классификацией Ann Arbor в модификации Cotswold [8]. Симптомы интоксикации (В) фиксировались при наличии лихорадки дней, профузной ночной потливости или потере массы тела за 6 месяцев [8].

Пациенты группы ПХТ получали терапию в соответствии с действующими клиническими рекомендациями Минздрава РФ [8], используя режимы ABVD или EscBEACOPP. Пациентам группы иммунотерапии вводился ниволумаб в моно-режиме 1 раз в 14 дней в дозировке 3 мг/кг массы тела в виде

Таблица 1

Характеристика исследуемых групп
Characteristics of the studied groups

Параметры	Группа пациентов с лимфомой Ходжкина		Группа контроля	p
	ПХТ	иммунотерапия		
	1	2	3	4
Количество пациентов	10	9	9	-
Возраст, лет	30 [21-37]	34 [22-37]	25 [20-38]	p ₁₋₃ =0,303 p ₂₋₃ =0,070 p ₁₋₂ =0,249
Пол Женский Мужской	5(50%) 5(50%)	5(56%) 4(44%)	5(56%) 4(44%)	p ₁₋₃ =1,000 p ₂₋₃ =1,000 p ₁₋₂ =1,000
Морфологический вариант лимфомы Ходжкина: Лимфоидное истощение Смешено-клеточный Нодулярный склероз	0 (0%) 2(18%) 9(82%)	0 (0%) 1(11%) 8(89%)	-	p ₁₋₂ =0,353
Стадия лимфомы Ходжкина (AnnArbor): I II III IV	0(0%) 2(20%) 2(20%) 6(60%)	0(0%) 1(11%) 2(22%) 6(67%)	-	p ₁₋₂ =0,232
Симптомы опухолевой интоксикации A B	5(50%) 5(50%)	1(11%) 8(89%)	-	p ₁₋₂ =0,141

Примечание: p₁₋₂ – отражает различия между 1 и 2 группами, p₂₋₃ – отражает различия между 2 и 3 группами, p₁₋₃ – отражает различия между 1 и 3 группами; * отмечены статистически значимые различия при p ≤ 0,05

60-минутной в/в инфузии [8]. Данная группа пациентов ранее получала ПХТ, но она оказалась неэффективной [8].

Всем участникам было проведено исследование иммунологического статуса с помощью показателей лейкоцитарной формулы и иммунного статуса, на основании которой проводилась оценка Т и В-лимфоцитов, NK-клеток и соотношения CD4+ и CD8+ Т-лимфоцитов.

Сбор, первичная обработка и визуализация данных осуществлялись в Microsoft Office Excel (2016). Статистическая обработка проводилась с использованием языка R-studio. Для анализа ненормально распределенных количественных данных применялся критерий Краскелла–Уоллиса для сравнения трех независимых выборок. При выявлении значимых различий проводился апостериорный тест Данна. Для сравнения качественных признаков использовался U-критерий Манна–Уитни. В качестве центра распределения была посчитана медиана, а в качестве показателей вариации – квартили (Me [Q1; Q3]). Различия считались статистически значимыми при p < 0,05.

Результаты исследования

Всем участникам исследования проведена оценка состояния иммунной системы посредством иммунограммы. Результаты исследования представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, у пациентов с ЛХ показатели Т-лимфоцитов и В-лимфоцитов значительно

снижены по сравнению с группой контроля показатели Т-лимфоцитов и В-лимфоцитов значительно снижены по сравнению с группой контроля. Показатели Т-лимфоцитов у пациентов с ЛХ, получивших дополнительно к ПХТ иммунотерапию, имеют значительно чаще более высокие показатели, по сравнению с группой, получивших ПХТ. При этом уровень В-лимфоцитов значимо чаще выше в группе ПХТ, по сравнению с пациентами, получившими ниволумаб. Количество Т-хелперов (CD4+) и Т-NK-клеток достоверно выше у пациентов с ЛХ, получивших ниволумаб, по сравнению с группой ПХТ.

Таким образом, пациенты с ЛХ, получивших дополнительно к ПХТ ниволумаб, имеют повышение показателей Т-хелперов (CD4+) и Т-NK-клеток, а также Т-лимфоцитов (CD3+), что свидетельствует о стимуляции иммунной системы на антиген и служит подтверждением гиперреактивных синдромов. Однако снижение данных показателей в группе ПХТ обуславливает гипореактивный синдром с нарушением регуляторного звена иммунитета и является признаком развития вторичного иммунодефицита.

Обсуждение результатов

Снижение абсолютного числа Т-лимфоцитов и Т-хелперов в группе пациентов с ПХТ является следствием применения цитостатиков, что сопровождается развитием вторичного иммунодефицита, который является фактором риска развития инфекционных осложнений [9].

Таблица 2

Параметры иммунологических показателей в исследуемых группах
Parameters of immunological indicators in the studied groups

Исследуемый параметр	Группа пациентов с Лимфомой Ходжкина		Группа контроля	Р
	ПХТ	иммунотерапия		
Т-лимфоциты (CD3+), 10 ⁹ /л	1,09 [0,22;1,9]	1,31 [0,58;2,27]	1,48 [0,88;2,16]	p1-3=0,033 p2-3=0,368 p1-2=0,243
В-лимфоциты (CD19+), 10 ⁹ /л	0,31 [0,01;0,74]	0,18 [0,03;0,66]	0,48 [0,14;1,14]	p1-3=0,088 p2-3=0,034 p1-2=0,288
Т-хелперы (CD4+), 10 ⁹ /л	0,48 [0,09;0,83]	0,56 [0,19;0,98]	0,77 [0,46;1,15]	p1-3=0,032 p2-3=0,169 p1-2=0,595
Т-цитотоксические (CD8+), 10 ⁹ /л	0,48 [0,1;1,09]	0,74 [0,33;1,29]	0,64 [0,41;1,14]	p1-3=0,143 p2-3=0,958 p1-2=0,133
NK-клетки (CD16+,CD56+), 10 ⁹ /л	0,21 [0,02;0,74]	0,22 [0,04;0,7]	0,07 [0,03;0,63]	p1-3=0,222 p2-3=0,156 p1-2=1,000
Т-NK-клетки (CD3,CD16+,CD56+), 10 ⁹ /л	0,01 [0;0,13]	0,05 [0;0,11]	0,01 [0;0,03]	p1-3=0,800 p2-3=0,028 p1-2=0,083

Примечание: p1-2 – отражает различия между 1 и 2 группами, p2-3 – отражает различия между 2 и 3 группами, p1-3 – отражает различия между 1 и 3 группами; * отмечены статистически значимые различия при $p \leq 0,05$

Группа пациентов, получавших ниволумаб, продемонстрировала тенденцию к реактивации Т-клеточного ответа. Значимо более высокие показатели Т-NK-клеток в этой группе по сравнению с группой ПХТ свидетельствуют о том, что ингибирование PD-1/PD-L1 позволяет не только уничтожать опухолевые клетки, но и восстанавливать функциональную активность Т-клеток [10].

Полученные различия в иммунном статусе имеют высокую клиническую значимость. У пациентов, перенесших интенсивную ПХТ, существует повышенный риск развития вторичных онкологических заболеваний, сердечно-сосудистых осложнений, гормональных, заболеваний дыхательной системе частично опосредованных длительной иммуносупрессией [11].

Восстановление показателей лимфоцитов после терапии ниволумабом позволяет предположить потенциал для улучшения долгосрочного профиля безопасности в этой группе, однако это требует дальнейшего проспективного наблюдения. Различия в уровне В-лимфоцитов между группами ПХТ и ниволумаба требуют дальнейшего изучения. Мы

полагаем, что долгосрочное воздействие ИКТ может приводить к перераспределению субпопуляций лимфоцитов, что в будущем может стать биомаркером ответа на терапию.

Выводы

Стандартная ПХТ у пациентов с ЛХ сопровождается формированием вторичного иммунодефицитного состояния, проявляющегося снижением пула Т-лимфоцитов и Т-хелперов, характеризующегося нарушением регуляторного звена клеточного иммунитета и потенциальным риском развития инфекционных осложнений. Применение ниволумаба приводит к активации CD3+ Т-лимфоцитов, CD4+ Т-хелперов и Т-NK-клеток и частичное восстановление функциональной активности лимфоидной ткани. Выявленные различия в иммунном статусе между группами ПХТ и иммунотерапии обосновывают необходимость разработки протоколов мониторинга субпопуляций лимфоцитов, что позволит персонализировать тактику ведения и снизить частоту отсроченных нежелательных явлений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

1. Демина, Е. А. «Общие принципы диагностики лимфом.» *Российские клинические рекомендации по диагностике и лечению злокачественных лимфопролиферативных заболеваний* 2018 (2018): 9.
2. Demina, E. A. «General Principles of Lymphoma Diagnosis.» *Russian Clinical Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Malignant Lymphoproliferative Diseases* 2018 (2018): 9. (In Russ.)
3. Лепик К.В., Михайлова Н.Б., Кондакова Е.В., Цветкова Л.А., Залаялов Ю.Р., Борзенкова Е.С. и др. Эффективность и безопасность ниволумаба в лечении рецидивирующей и рефрактерной классической лимфомы Ходжкина: опыт ПСПБГМУ им. Акад. И. П. Павлова. *Онкогематология*, 13 (4), 17-26.
4. Lepik K.V., Mikhailova N.B., Kondakova E.V., Tsvetkova L.A., Zalyalov Yu.R., Borzenkova E.S., et al. Efficacy and safety of nivolumab in the treatment of recurrent and refractory classical Hodgkin's lymphoma: experience of Pavlov First Saint Petersburg State Medical University. *Onkogematologiya*, 13 (4), 17-26. (In Russ.)
5. Forster, Martin David, and Michael-John Devlin. «Immune checkpoint inhibition in head and neck cancer.» *Frontiers in oncology* 8 (2018): 310.
6. Лядов В.К., Нерсесова Т.А., Покатаев И.А., Лядова М.А. Предикторы развития иммуноопосредованных нежелательных явлений при терапии ингибиторами контрольных точек иммунитета. *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена*. 2021;10(2):55-61.
7. Lyadov VK, Nersesova TA, Pokataev IA, Lyadova MA. Predictors for the development of immune-mediated adverse events during treatment with immune checkpoint inhibitors. *P.A. Herzen Journal of Oncology*. 2021;10(2):55-61. (In Russ.) <https://doi.org/>

- 10.17116/onkolog20211002155
5. Гусак, Артем Александрович, et al. «Классическая лимфома Ходжкина: структура опухоли и прогностическое значение иммунного микроокружения.» *Клиническая онкогематология. Фундаментальные исследования и клиническая практика* 16.3 (2023): 242-262.
 - Gusak, Artem Aleksandrovich, et al. «Classic Hodgkin's Lymphoma: Tumor Structure and Prognostic Significance of the Immune Microenvironment.» *Clinical Oncohematology. Fundamental Research and Clinical Practice* 16.3 (2023): 242-262.
 6. Патракеева, Вероника Павловна. «Цитокиновая регуляция пролиферативной активности клеток периферической крови.» *Экология человека* 12 (2015): 28-33.
 - Patrakeeva, Veronika Pavlovna. «Cytokine Regulation of the Proliferative Activity of Peripheral Blood Cells.» *Human Ecology* 12 (2015): 28-33. . (In Russ.)
 7. Цаплина, Наталия Сергеевна, et al. «Современные подходы к лечению рецидивов и рефрактерных форм лимфомы Ходжкина: обзор литературы и собственные данные.» *Современная онкология* 24.3 (2022): 319-324.
 - Tsaplina, Natalia Sergeevna, et al. «Modern Approaches to the Treatment of Recurrences and Refractory Forms of Hodgkin's Lymphoma: A Review of the Literature and Own Data.» *Modern Oncology* 24.3 (2022): 319-324. (In Russ.)
 8. Демина, Елена Андреевна, et al. «Лимфома Ходжкина.» *Современная онкология* 22.2 (2020): 6-33.
 - Demina, Elena Andreevna, et al. «Hodgkin's Lymphoma.» *Modern Oncology* 22.2 (2020): 6-33. (In Russ.)
 9. Pei, Fajun, et al. «Efficacies and toxicities of seven chemotherapy regimens for advanced Hodgkin lymphoma.» *Frontiers in Pharmacology* 12 (2021): 694545.
 10. Gunturi, Anasuya, and David F. McDermott. «Nivolumab for the treatment of cancer.» *Expert opinion on investigational drugs* 24.2 (2015): 253-260.
 11. Ильин, Н. В., and Ю. Н. Виноградова. «Поздние осложнения терапии больных лимфомой Ходжкина.» *Практическая онкология* 8.2 (2007): 96-101.
 - Ilyin, N. V., and Yu. N. Vinogradova. «Late Complications of Hodgkin's Lymphoma Therapy.» *Practical Oncology* 8.2 (2007): 96-101. . (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: 13.04.2026. Принята к публикации: 15.05.2026.

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: 13.04.2026. Accepted for publication: 15.05.2026

В.С. Блинов¹, Ю.Д. Удалов², Ю.С. Китаева³, М.Д. Лобова², Е.В. Кузнецова⁴

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ПЕРЕЛОМОВ ПОЗВОНКОВ У ПАЦИЕНТОВ С ЛИМФОМОЙ ХОДЖКИНА И СВЯЗИ С МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ КОСТИ, ОЦЕНЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ ДВУХЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ АБСОРБИОМЕТРИИ

¹ГАОУ СО «Верхнепышминская ЦГКБ им. П.Д. Бородина» г. Верхняя Пышма, Российская Федерация²ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва³ФГАОУ ВО «Российский Национальный Исследовательский

Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

⁴ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России г. Екатеринбург

Контактное лицо: Китаева Юлия Сергеевна: jkhema@yandex.ru

Резюме

Введение: пациенты с лимфомой Ходжкина – молодые, социально-активные люди, с высокой продолжительностью жизни. Однако, наличие поздних осложнений лечения, таких как остеопороз вызывает беспокойство.

Цель: определить распространенность переломов позвонков у пациентов с лимфомой Ходжкина и определить ее связь с остеопорозом.

Материал и методы: были проанализированы результаты КТ, ПЭТ/КТ и денситометрии пациентов с лимфомой Ходжкина и группы здоровых пациентов. Критериями включения в основную группу было: диагноз лимфомы Ходжкина; терапия, включающая глюкокортикостероиды; наличие серии КТ и/или ПЭТ/КТ в динамике не менее чем за 1 год. Критерий исключения: специфическое поражение костей.

Результаты: у женщин переломы позвонков выявлены в 47%, у мужчин в 41%. По количеству преобладали переломы двух и более позвонков (62% и 67% соответственно). Среднее количество переломов позвонков на одного пациента – 2,2. Преобладали переломы 1 степени по Genant (59%). В 27% случаев степень переломов позвонков увеличилась за время наблюдения. У пациентов контрольной группы переломы позвонков были выявлены в 15% случаев. 80% пациентов имели переломы одного позвонка, и у 20% – переломы двух позвонков. Все переломы были 1 степени по Genant. Из 14 мужчин и 22 женщин с лимфомой Ходжкина и переломами позвонков только у 1 (7%) мужчины и 4 (18%) женщин выявлено снижение МПК при ДРА.

Выводы: выявлена значительная распространенность переломов позвонков у пациентов с лимфомой Ходжкина. Распространенность переломов позвонков от дебюта заболевания до и в период ремиссии резко возрастает. МПК, измеряемая при ДРА, у пациентов с лимфомой Ходжкина имеет слабую связь с распространенностью переломов позвонков у данной группы пациентов.

Ключевые слова: остеопороз, лимфома Ходжкина, компьютерная томография, переломы позвонков, позитивно-эмиссионная томография

Для цитирования: Блинов В.С., Удалов Ю.Д., Китаева Ю.С., Лобова М.Д., Кузнецова Е.В. Исследование распространенности переломов позвонков у пациентов с лимфомой Ходжкина и связи с минеральной плотностью кости, оцененной с помощью двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 93–98 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-93-98

DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-93-98

V.S. Blinov¹, Yu.D. Udalov², Yu.S. Kitaeva³, M.D. Lobova², E.V. Kuznetsova⁴

A Study the Prevalence of Vertebral Fractures in Patients with Hodgkin's Lymphoma and its Association with Bone Mineral Density Assessed by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry

¹Verkhnepyshminskaya Central City Clinical Hospital named after P.D. Borodin Department of X-ray diagnostics Verkhnyaya Pyshma, Russia²International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia³Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N.I. Pirogov Russian National Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia⁴Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Ural State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Yekaterinburg, Russia

Contact person: Kitaeva Julia Sergeevna: jkhema@yandex.ru

Abstract

Background: Patients with Hodgkin lymphoma are young, socially active individuals with a long life expectancy. However, the occurrence of late treatment complications, such as osteoporosis, is a concern.

Objective: to determine the prevalence of vertebral fractures in patients with Hodgkin lymphoma and determine its association with osteoporosis.

Material and methods: CT, PET/CT, and densitometry results were analyzed in patients with Hodgkin lymphoma and a group of healthy controls. Inclusion criteria for the study group were: diagnosis of Hodgkin lymphoma; therapy including glucocorticosteroids; and a CT and/or PET/CT series over at least 1 year. Exclusion criteria: specific bone lesions.

Result: vertebral fractures were detected in 47% of women and 41% of men. Fractures of two or more vertebrae were the most common (62% and 67%, respectively). The average number of vertebral fractures per patient was 2.2. Genant grade 1 fractures were the most common (59%). In 27% of cases, the severity of vertebral fractures increased during the observation period. In the control group, vertebral fractures were detected in 15% of cases. 80% of patients had single vertebral fractures, and 20% had double vertebral fractures. All fractures were Genant grade 1. Of 14 men and 22 women with Hodgkin lymphoma and vertebral fractures, only 1 man (7%) and 4 women (18%) showed a decrease in BMD on DXA.

Conclusions: a significant prevalence of vertebral fractures was found in patients with Hodgkin lymphoma. The prevalence of vertebral fractures increases sharply from disease onset to and during remission. BMD in patients with Hodgkin lymphoma, measured by DXA, has a weak relationship with the prevalence of vertebral fractures in this patient group.

Keywords: *osteoporosis, Hodgkin's lymphoma, computed tomography, vertebral fractures, positron emission tomography*

For citation: Blinov VS, Udalov YuD, Kitaeva YuS, Lobova MD, Kuznetsova EV. A Study the Prevalence of Vertebral Fractures in Patients with Hodgkin's Lymphoma and its Association with Bone Mineral Density Assessed by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:93-98. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-93-98

Введение

Лимфома Ходжкина (ЛХ) относится к В-клеточным злокачественным заболеваниям лимфоидной ткани. В Российской Федерации в 2023 г. стандартизованный показатель заболеваемости ЛХ составил 1,9 случая на 100 тыс. населения, преимущественно среди молодых людей от 16 до 35 лет [1]. Абсолютное число заболевших ЛХ в РФ в 2023 г. – 2927 человек. Абсолютное число заболевших ЛХ в США в 2023 г. – 8830 [2]. Выживаемость пациентов с ЛХ увеличилась с 47% в 1975-1977 гг. до 74% в 2012-2018 гг. [2]. В настоящее время ЛХ хорошо лечится: у 80-90% пациентов с локализованными стадиями и у 60-70% пациентов с распространенными стадиями заболевание переходит в полную ремиссию [3].

Статистические данные свидетельствуют о том, что пациенты с ЛХ – молодые, социально активные люди, с высокой ожидаемой продолжительностью жизни. Однако, качество жизни пациентов в ремиссии вызывает беспокойство [4]. G. Compras и соавт. отмечают, что у 20% пациентов с ЛХ наблюдаются глубокие и стойкие изменения качества жизни [5]. Пациенты отмечают ухудшение физического компонента, когнитивные нарушения, тревожность [6, 7]. Большинство пациентов с лимфомой Ходжкина сообщают о нехватке энергии, усталость и неэффективность в выполнении повседневных дел [8]. Такие состояния, как бесплодие, полинейропатия, кардиомиопатия, вторичные новообразования, остеопороз являются основными поздними осложнениями при ЛХ [9, 10]. В систематическом обзоре, посвященном длительному наблюдению за пациентами с ЛХ, авторы отмечают, что осложнения терапии ЛХ являются постоянно растущей клинической проблемой [11].

Остеопороз – системное заболевание костей, характеризующиеся снижением прочности костной ткани и приводящее к низкоэнергетическим переломам костей. Низкоэнергетические переломы костей имеют значительные последствия, как с точки зрения смертности, так и качества жизни и материальными затратами на лечение и реабилитацию. Переломы позвонков ведут к двукратному увеличению смертности и трехкратному увеличению риска дополнительных переломов по сравнению с нормаль-

ной популяцией [12, 13]. В популяционном исследовании в Дании на 2589 пациентах показано, что риск развития остеопороза у пациентов с В-клеточной лимфомой и фолликулярной лимфомой был повышен в сравнении с контрольной группой в 1,61 раза, кумулятивный риск развития остеопоротических событий через 5 и 10 лет составил 10,0% и 16,3%, тогда как соответствующий риск в основной популяции составил 6,8% и 13,5% [14]. S. Pernille и соавт. в своем исследовании выявили, за время 2-летнего наблюдения, у 16 (14%) из 111 пациентов с В-клеточной лимфомой компрессионные переломы позвонков, при чем плотность костной ткани в L₃ поясничном позвонке снизилась на 14% после лечения, не восстановившись через 2 года после дебюта заболевания до исходного уровня [15].

В основе патогенеза остеопороза лежит нарушение нормального процесса ремоделирования костной ткани, который обеспечивает баланс между образованием новой кости и резорбцией кости [16]. При ЛХ на данный баланс влияет прием глюкокортикостероидов (ГКС) и химиотерапия [17]. По данным T.P. Staa и соавт. риск перелома увеличивается даже при приеме относительно низких суточных доз (2,5-7,5 мг) преднизолона или его эквивалента [18]. K. Hui и соавт. показали, что химиотерапия приводит к жировой трансформации костного мозга, что влияет на прочность кости [19].

Информация о частоте встречаемости, а также о связи с МПК переломов позвонков у пациентов с ЛХ скудна. Клинических рекомендаций и руководств по профилактике снижения МПК в настоящее время не разработано.

Цель исследования

Определить распространенность патологических переломов позвонков у пациентов с лимфомой Ходжкина и оценить связь с минеральной плотностью кости, определенной при двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии.

¹Лимфома Ходжкина: клинические рекомендации, https://cr.minzdravgov.ru/preview-cr/139_2 (дата обращения: август 2025)

Материалы и методы

Одноцентровое ретроспективное описательное исследование проведено на базе ГАУЗ СО «Верхнепышминская ЦГКБ им. П.Д. Бородина». Исследование проведено с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации, одобрено на заседании локального этического комитета ГАУЗ СО «СОКБ №1» (протокол № 158 от 30.06.2025). Исследование выполнено на результатах исследований пациентов за период с февраля 2018 г. по май 2025 г. Критериями включения в исследование в основную группу было: 1. верифицированный диагноз лимфомы Ходжкина; 2. терапия, включающая глюкокортикостероиды; 3. наличие серии КТ и/или ПЭТ/КТ в динамике за период, как минимум, 2 года. Критерий исключения: наличие специфического поражения костной ткани. Критерии включения в контрольную группу: 1. отсутствие онкологического или онкогематологического диагноза, отсутствие остеопороза; 2. возраст младше 50 лет; 3. наличие КТ-исследований за период, минимум, 2 года.

КТ и ПЭТ/КТ-исследования органов грудной и брюшной полостей пациентов были получены из архива медицинских изображений за период 2018–2025 гг. Всего было доступно для анализа в обеих группах 258 КТ и 95 ПЭТ/КТ. Таким образом, в среднем на пациента с лимфомой Ходжкина было доступно для анализа 3,7 КТ и/или ПЭТ/КТ-исследований и 2,3 КТ-исследований в группе контроля. ПЭТ/КТ было выполнено всем пациентам на аппарате Discovery 710 (GE Healthcare). КТ выполнялась на различных аппаратах от 16 до 64-срезов.

Для измерения степени компрессии позвонков измерялась высота позвонков в вентральных, медиальных и дорсальных отделах тел грудных и поясничных позвонков (Th₄–L₄) на сагиттальных КТ-реформатах. Степень компрессии позвонков оценивали по классификации Genant: степень 1 – снижение высоты тела на 20 – 25% по сравнению со смежным неизмененным позвонком, степень 2 – снижение высоты тела на 26 – 40%, степень 3 – снижение высоты тела более 41% [20]. Исследования интерпретировались двумя врачами-рентгенологами с опытом работы более 8 лет. Рентгенологи интерпретировали данные в разное время и не зависимо друг от друга. Окончательное суждение о степени переломов позвонков было результатом консенсуса между двумя рентгенологами.

Таблица 1

Характеристики пациентов основной и контрольной групп
Characteristics of patients in the main and control groups

Показатель	Пациенты с ЛХ	Контрольная группа
Пол: Ж/М (абс. (отн.))	47 / 34 (58% / 42%)	20 / 18 (53% / 47%)
Возраст, лет, Ж/М (среднее значение±СО, мин-макс)	35,5±9,7 (19-53) / 38,9±9,1 (23-51)	37,6±4,6 (29-43) / 35,1±5,3 (28-46)
ИМТ, кг/м ² М/Ж, среднее значение (мин-макс)	24 (18-34) / 25 (18-31)	25 (20-35) / 26 (19-34)
Период наблюдения (мес.)	2018–2025 гг. (85 мес.), 193 КТ и 107 ПЭТ/КТ (3,7 исследований на пациента)	2021–2025 гг. (44 мес.), 86 КТ (2,3 исследования на пациента)

ДРА (двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия) была выполнена на остеоденситометре DEXXUM 3 (Osteosys, Республика Корея. Всем пациентам была проведена ДРА поясничного отдела позвоночника (L₁₋₄) и проксимальных отделов бедренной кости. Полученные значения МПК (в граммах на см²) сравнивались со средней МПК референсной базы здоровых пациентов, загруженных в программное обеспечение остеоденситометра. Z-критерий использовался у пациентов обоих полов младше 50 лет. T-критерий использовался у мужчин и женщин старше 50 лет и у женщин любого возраста в постменопаузе.

Методика статистической обработки данных исследования

Статистический анализ проводился на персональном компьютере с помощью пакета программ IBM SPSS Statistics 23. Для количественных переменных рассчитывались средние арифметические значения и стандартные отклонения.

Результаты исследования

Согласно критериям включения и исключения, в основную группу включен 81 человек, 47 женщин (58%) (средний возраст на момент постановки диагноза: 35,5±9,7 года, от 19 до 53 лет) и 34 мужчины (42%) (средний возраст 38,9±9,1 года, от 23 до 51 года (табл. 1). По классификации Ann Arbor I стадия заболевания выявлена у 6 пациентов (7%), II стадия – у 41 человек (51%), III стадия – 11 пациентов (14%) и IV стадия – 23 человека (28%). У 68 человек (95%) был вариант нодулярного склероза, у 4 человек (5%) – смешанно-клеточный вариант.

В группу контроля включено 38 человек, 20 женщин и 18 мужчин (табл. 1).

При проведении ДРА выявлено 3 мужчин с Z-критерием ниже -2,0 СО, 2 мужчин с T-критерием ниже -1,0 СО (все двое (100%) до степени «остеопения»); 4 женщины с Z-критерием ниже -2,0 СО, 11 женщин с T-критерием от -1,0 до -2,8 СО (10 женщин (91%) до степени «остеопения», 1 женщина (9%) до степени «остеопороз»). Вся группа составила 20 человек (24% от всех пациентов с ЛХ) и интерпретировалась как «снижение МПК» (табл. 2).

В контрольной группе при проведении ДРА выявлен 1 мужчина с Z-критерием ниже -2,0 СО; 2 женщины с Z-критерием ниже -2,0 СО, 1 женщина с T-критерием -1,2 («остеопения»). Вся группа составила 4 человека (11%) из 38 и интерпретировалась как «снижение МПК» (табл. 2).

Таблица 2

Результаты ДРА пациентов с лимфомой Ходжкина и контрольной группы
Results of DRA of patients with Hodgkin's lymphoma and control group

Пол	Количество пациентов по Z-критерию (абс. (отн.))	Количество пациентов по Т-критерию (абс. (отн.))
Группа пациентов с лимфомой Ходжкина, «снижение МПК», n=20 из 81 (24%)		
Мужчины	3 (15%)	2 (10%)
Женщины	4 (20%)	11 (55%)
Контрольная группа, «снижение МПК», n=4 из 38 (11%)		
Мужчины	1 (25%)	0 (0%)
Женщины	2 (50%)	1 (25%)

Исследование распространенности переломов позвонков

Из 34 мужчин с ЛХ переломы позвонков выявлены у 14 (41%), из 47 женщин с ЛХ переломы выявлены у 22 (47%). Таким образом, переломы позвонков были выявлены у 36 пациентов с ЛХ (44%) из 81. У 13 пациентов (36%) выявлен перелом одного позвонка, у 14 пациентов (39%) – двух позвонков, у 5 (14%) – трех позвонков, у 2 пациентов (5%) – переломы четырех позвонков, по 1 пациенту (3%) – переломы пяти и шести позвонков соответственно, более 6 позвонков с переломами не было выявлено. По количеству и у мужчин, и у женщин преобладали переломы двух и более позвонков (62% и 67% соответственно). Среднее количество переломов позвонков на одного пациента – 2,2. У пациентов с ЛХ было выявлено 75 позвонков с переломами, из них переломы 1 степени по Genant выявлены в 44 позвонках (59%), 2 степени – 30 позвонков (39%), 3 степени – 1 позвонок (2%) (табл. 3).

У 32 пациентов контрольной группы переломы позвонков были выявлены у 5 пациентов (15%), у 2 мужчин (40%) и 3 женщин (60%). У 4 пациентов (80%) было выявлено переломы одного позвонка, и 1 пациента (20%) – перелом двух позвонков. Все переломы были 1 степени по Genant (табл. 3).

Исследование частоты возникновения новых переломов позвонков в динамике

В динамике ни у одного пациента контрольной группы не было отмечено возникновение нового перелома позвонков за период наблюдения.

В группе пациентов с ЛХ на момент первого КТ

или ПЭТ/КТ-исследования были выявлены переломы позвонков у 6 пациентов (3 мужчины и 3 женщины) из 81, все случаи – 1 степень переломов по Genant, в 4 случаях (66%) – переломы 1 позвонка, в 2 случаях (34%) – переломы 2 позвонков. За период наблюдения распространенность переломов позвонков от дебюта заболевания до крайнего доступного исследования возросла с 7% до 44%. Количество позвонков с переломами возросло с 8 до 75. При динамическом наблюдении за позвонками с переломами степень переломов увеличилась в 18 позвонках (27% случаев).

Из 14 мужчин с ЛХ и переломами позвонков только у одного (7%) пациента 47 лет выявлено снижение МПК по Z-критерию до -1,3 СО. У остальных мужчин с ЛХ и переломами позвонков не было выявлено снижение МПК ни по Z-критерию, ни по Т-критерию.

Из 22 женщин с ЛХ и переломами позвонков снижение МПК выявлено только у четырех (18%), по Т-критерию – у 3 женщин (53 и 46 лет до степени «остеопения», 49 лет – до степени «остеопороз»), по Z-критерию – у 1 женщины (25 лет, Z-критерий: -2,0 СО).

Обсуждение результатов

В нашем исследовании показано, что 41% мужчин и 47% женщин с ЛХ имеют переломы позвонков, при чем за время наблюдения (от 2 до 8 лет) распространенность переломов позвонков возросла с 7% до 44%. В 65% случаев были выявлены множественные переломы (более 2х позвонков). Распространенность переломов позвонков значительно отличалась в

Таблица 3

Характеристика переломов позвонков в группе с лимфомой Ходжкина и группы контроля
Characteristics of vertebral fractures in the Hodgkin's lymphoma group and the control group

Показатель	Пациенты с ЛХ (абс. (отн.))	Группа контроля (абс. (отн.))
Мужчины	14 (41%)	2 (40%)
Женщины	22 (47%)	3 (60%)
Степень перелома позвонка по Genant	1 ст.: 44 (59%) 2 ст.: 30 (39%) 3 ст.: 1 (2%)	1 ст.: 6 (100%) 2 ст.: 0 (0%) 3 ст.: 0 (0%)
Количество позвонков с переломами	1 позвонок: 13 (36%) 2 позвонков: 14 (39%) 3 позвонков: 5 (14%) 4 позвонков: 2 (5%) 5 позвонков: 1 (3%) 6 позвонков: 1 (3%) Более 6 позвонков: 0 (0%)	1 позвонок: 4 (80%) 2 позвонков: 1 (20%) 3 позвонков: 0 (0%) 4 позвонков: 0 (0%) 5 позвонков: 0 (0%) 6 позвонков: 0 (0%) Более 6 позвонков: 0 (0%)

группе с ЛХ и в группе контроля: 44% и 14% соответственно. При динамическом наблюдении с помощью КТ и/или ПЭТ/КТ за позвонками с переломами увеличение степени переломов (от 1 до 2 и 3 степени по Genant) произошло в 27% случаев. Наши результаты подтверждаются другими научными исследованиями. Так В. Royer и соавт. показали, что у 12,5% пациентов в первый год после постановки диагноза лимфопролиферативного заболевания, возникают новые остеопоротические переломы [21]. S.H. Kim и соавт. показали значительное снижение МПК в поясничном отделе позвоночника (-11,2%), всего бедра (-3,6%) и шейки бедренной кости (-4,5%) у 20 пациентов с В-клеточной лимфомой и у 30% из них развились патологические переломы в течение 1-летнего наблюдения [22]. L.W. Huang и соавт. приводят более низкие значения возникновения новых переломов, но в группе пациентов с неходжкинской лимфомой, в 10% в течение 1 года наблюдения [23]. M.T. Löffler и соавт. показали, что потеря МПК в позвонках была значительно выше в когорте пациентов с неходжкинской лимфомой по сравнению со здоровыми пациентами, но средний возраст пациентов в этом исследовании был 70,2±9,7 года, в отличие от нашего исследования, где пациенты были значительно моложе (37,2±9,4 года) [12]. R. Ruchlemer и соавт. показали, что потеря МПК среди пациентов с лимфопролиферативными заболеваниями была наименьшей у пациентов с хроническим лимфолейкозом/мелкоклеточной лимфомой (48%), средней у пациентов с неходжкинской лимфомой (67%) и наибольшей у пациентов с лимфомой Ходжкина (88%) [24].

У пациентов с лимфомой Ходжкина потеря костной массы ассоциируется с химиотерапевтическими препаратами и ГКС, причем наибольшая потеря определяется в поясничном отделе позвоночника и в проксимальных отделах бедренной кости [25-30]. Однако, в нашем исследовании, только 7% мужчин и 18% женщин с ЛХ и переломам позвонков имели снижение МПК по результатам ДРА. Остальные пациенты с переломами позвонков, имели нормальные значения МПК по Z-или T-критерию. И наоборот, 46% женщин и 36% мужчин с ЛХ имели снижение МПК при ДРА, но не имели переломов позвонков. В научной литературе описаны сходные результаты, но у других групп пациентов. S.C. Schuit и соавт. отмечают в крупном популяционном исследовании (7806 пациентов старше 55 лет), что только 44% невертебральных низкоэнергетических переломов у женщин и 21% переломов у мужчин происходят при сниженных значениях МПК и T-критерия до уровня остеопороза, оцененных с помощью ДРА, остальные переломы наблюдаются при нормальных и сниженных до остеопении значениях МПК

[31]. S. Mancuso и соавт. на небольшой сборной группе из 29 пациентов со средним возрастом 61,4 года с лимфомами (с ЛХ только 4 пациента) отмечают распространенность переломов позвонков в 65,5%, у 53% наблюдался 1 или 2 перелома, у 47% – 3 и более переломов, среднее значение составило 2,1 перелома на случай [32]. Из них только у 50% пациентов выявлены остеопороз или остеопения по данным ДРА.

Таким образом, ДРА не может являться надежной методикой оценки риска переломов позвонков у молодых пациентов с лимфомой Ходжкина и должна оцениваться в совокупности с другими данными. Необходим поиск альтернативных клинических и инструментальных методик оценки риска переломов позвонков у молодых пациентов с ЛХ.

Несмотря на результаты научных исследований о потере МПК и высокой распространенности переломов позвонков у пациентов с ЛХ, отсутствуют рекомендации по инструментальной диагностике снижения МПК в дебюте заболевания и в период ремиссии. Отсутствуют принятые рекомендации по профилактике потери костной массы и компрессионных переломов во время и после химиотерапии и терапии ГКС.

Ограничения исследования

Размеры выборок в исследуемых группах были относительно небольшими. Будущие исследования с более крупными когортами, возможно, позволят более полно оценить распространенность поражений. ДРА проводилась у пациентов в разный временной промежуток ремиссии, а также, ДРА не была проведена пациентам в дебюте заболевания, т.е. невозможно было оценить исходный уровень МПК и проследить изменение этого уровня в динамике. В дальнейшем необходимо выполнить исследование в ретроспективном дизайне. В исследование были включены пациенты, у которых использовались разные схемы химиотерапии и различные дозы ГКС.

Выводы

Распространенность патологических переломов позвонков у пациентов с ЛХ достигает 44%. Большинство выявленных переломов – множественные. Распространенность переломов позвонков от дебюта заболевания до и в период ремиссии резко возрастает. Также увеличивается степень тяжести переломов. МПК у молодых пациентов с ЛХ, измеряемая при ДРА, не дает возможность прогнозировать вероятность переломов позвонков. Необходимы дальнейшие исследования потери костной ткани и переломов позвонков у пациентов с ЛХ для внесения уточнений в клинические рекомендации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

1. Злокачественные новообразования в России в 2023 году (заболеваемость и смертность) / Под ред. А.Д.Каприна и др. М.: Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена, 2024. 276 с. ISBN 978-5-85502-298-8 [Zlokoachestvennyye Novooobrazovaniya v Rossii v 2023 Godu (Zabolevayemost' i Smertnost') = Malignant Neoplasms in Russia in 2023 (Incidence and Mortality). Ed. A.D. Kaprin, et al. Moscow, Moskovskiy Nauchno-Issledovatel'skiy Onkologicheskiy Institut im. P.A. Gertsena Publ., 2024. 276 p. (In Russ.)]. ISBN 978-5-85502-298-8.
2. Siegel R.L., Miller K.D., Wagle N.S., Jemal A. Cancer Statistics, 2023. CA Cancer J Clin. 2023;73;1:17-48. Doi: 10.3322/caac.21763.
3. Engert A., Diehl V., Franklin J., Lohri A., Dörken B., Ludwig W.-D., Koch P., Hänel M., Pfreundschuh M., Wilhelm M., Trümper L.,

- Aulitzky W.-E., Bentz M., Rummel M., Sezer O. Müller-Hermelink H.-K., Hasenclever D., Löffler M. Escalated-Dose BEACOPP in the Treatment of Patients with Advanced-Stage Hodgkin's Lymphoma: 10 Years of Follow-Up of the GHSG HD9 Study. *J Clin Oncol.* 2009;27:27:4548–54. Doi: 10.1200/JCO.2008.19.8820.
4. Arden-Close E., Pacey A., Eiser C. Health-Related Quality of Life in Survivors of Lymphoma: a Systematic Review and Methodological Critique. *Leuk Lymphoma.* 2010;51:4:628–40. Doi: 10.3109/10428191003587263.
 5. Compaci G., Conte C., Oberic L., Ysebaert L., Laurent G., Despas F. Sustained Degradation of Quality of Life in a Subgroup of Lymphoma Survivors: a Two-Year Prospective Survey. *BMC Cancer.* 2019;19:1:1178. Doi: 10.1186/s12885-019-6337-2.
 6. Adams M.J., Lipsitz S.R., Colan S.D., Tarbell N.J., Treves S.T., Diller L. Cardiovascular Status in Long-Term Survivors of Hodgkin's Disease Treated with Chest Radiotherapy. *J Clin Oncol.* 2004;22:15:3139–48. Doi: 10.1200/JCO.2004.09.109.
 7. Fayette D., Juricková V., Kozak T., Mocikova H., Gaherova L., Fajnerová I. Cognitive Impairment Associated with Hodgkin's Lymphoma and Chemotherapy. *Neurosci Lett.* 2023;797:137082. Doi: 10.1016/j.neulet.2023.137082.
 8. Gebauer J., Fick E.-M., Waldmann A., Langer T., Kreitschmann-Andermahr I., Lehnert H., Katalinic A., Brabant G. Self-Reported Endocrine Late Effects in Adults Treated for Brain Tumours, Hodgkin and Non-Hodgkin Lymphoma: a Registry Based Study in Northern Germany. *Eur J Endocrinol.* 2015;173:139–148.
 9. Shanbhag S., Ambinder R.F. Hodgkin Lymphoma: a Review and Update on Recent Progress. *CA Cancer J Clin.* 2018;68:2:116–32. Doi: 10.3322/caac.21438.
 10. André M.P.E., Carde P., Viviani S., Bellei M., Fortpied C., Hutchings M., et al. Longterm Overall Survival and Toxicities of ABVD vs BEACOPP in Advanced Hodgkin Lymphoma: a Pooled Analysis of four Randomized Trials. *Cancer Med.* 2020;9:18:6565–75. Doi: 10.1002/cam4.3298.
 11. Di Molfetta S., Daniele A., Gerardi C., Allocati E., Minoia C., Loseto G., Giorgino F., Guarini A., De Sanctis V. Late Endocrine and Metabolic Sequelae and Long-Term Monitoring of Classical Hodgkin Lymphoma and Diffuse Large B-Cell Lymphoma Survivors: a Systematic Review by the Fondazione Italiana Linfomi. *Cancers.* 2022;14:6:1439. Doi: 10.3390/cancers14061439.
 12. Löffler M.T., Jacob A., Scharr A. Automatic Opportunistic Osteoporosis Screening in Routine CT: Improved Prediction of Patients with Prevalent Vertebral Fractures Compared to DXA. *Eur Radiol.* 2021;31:6069–6077. Doi: 10.1007/s00330-020-07655-2.
 13. Ballane G., Cauley J.A., Luckey M.M., Fuleihan G. Worldwide Prevalence and Incidence of Osteoporotic Vertebral Fractures. *Osteopor Int.* 2017;28:1531–42. Doi: 10.1007/s00198-017-3909-3.
 14. Baech J., Hansen S.M., Jakobsen L.H., Øvlisen A.K., Severinsen M.T., Brown PdeN., El-Galaly T.C. Increased Risk of Osteoporosis Following Commonly Used First-Line Treatments for Lymphoma: a Danish Nationwide Cohort Study. *Leukemia & Lymphoma.* 2020;61:6:1345–1354. Doi: 10.1080/10428194.2020.1723015.
 15. Svendsen P., Shekhrakha N., Lindblad Nielsen K., Vestergaard P., Østergaard Poulsen M., Krog Vistisen A., Svenssen Munksgaard P. R-CHOP(-Like) Treatment of Diffuse Large B-Cell Lymphoma Significantly Reduces CT-Assessed Vertebral Bone Density: A Single Center Study of 111 Patients. *Leukemia & Lymphoma.* 2016;58:5:1105–13. Doi: 10.1080/10428194.2016.1233543.
 16. Armas L.A., Recker R.R. Pathophysiology of Osteoporosis: New Mechanistic Insights. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2012;41:3:475–86. Doi: 10.1016/j.ecl.2012.04.006.
 17. Compston J.E. Management of Glucocorticoid-Induced Osteoporosis. *Nature Rev. Rheumatol.* 2010;6:82–88. Doi: 10.1038/nr-rheum.2009.259.
 18. Staa van T.P., Leufkens H.G., Cooper C. The Epidemiology of Corticosteroid-Induced Osteoporosis: a Meta-Analysis. *Osteoporos Int.* 2002;13:777–787. Doi: 10.1007/s001980200108.
 19. Hui K., Arentsen L., Sueblinvong T. A Phase I Feasibility Study of Multi-Modality Imaging Assessing Rapid Expansion of Marrow Fat and Decreased Bone Mineral Density in Cancer Patients. *Bone.* 2015;73:90–97. Doi: 10.1016/j.bone.2014.12.014.
 20. Genant H.K., Wu C.Y., Kijik C. Vertebral Fracture Assessment Using a Semiquantitative Technique. *J Bone Miner Res.* 1993;8:1137–1148.
 21. Royer B., Charbonnier A., Ursu D. Alterations in Bone Mineral Density and Bone Turnover Markers in Newly Diagnosed Adults with Lymphoma Receiving Chemotherapy: a 1-Year Prospective Pilot Study. *Ann Oncol.* 2014;25:481–486. Doi: 10.1093/annonc/mdt560.
 22. Kim S.H., Lim S.K., Hahn J.S. Effect of Pamidronate on New Vertebral Fractures and Bone Mineral Density in Patients with Malignant Lymphoma Receiving Chemotherapy. *Am. J. Med.* 2004;116:524–528. Doi: 10.1016/j.amjmed.2003.12.019.
 23. Huang L.W., Sun D., Link T.M. High Incidence of Fractures after R-CHOP-Like Chemotherapy for Aggressive B-Cell Non-Hodgkin Lymphomas. *Support Care Cancer.* 2021;29:5399–5408. Doi: 10.1007/s00520-021-06120-0.
 24. Ruchlemer R., Amit-Kohn M., Tivto A., Sindelovsky I., Zimran A., Raveh-Brawer D. Bone Loss and Hematological Malignancies in Adults: a Pilot Study. *Support Care Cancer.* 2018;26:3013–3020. Doi: 10.1007/s00520-018-4143-z.
 25. Buckley L., Guyatt G., Fink H.A., Cannon M., Grossman J., Hansen K.E., Humphrey M.B., Lane N.E., Magrey M., Miller M., Morrison L., Rao M., Robinson A.B., Saha S., Wolver S., Bannuru R.R., Vaysbrot E., Osani M., Turgunbaev M., Miller A.S., McAlindon T. American College of Rheumatology Guideline for the Prevention and Treatment of Glucocorticoid-Induced Osteoporosis. *Arthritis Rheumatol.* 2017;69:8:1521–1537. Doi: 10.1002/art.40137.
 26. Праскурничий Е.А., Кутаева Ю.С. Ассоциированные с патогенетической терапией лимфомы Ходжкина факторы риска остеопороза и остеопении // Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2022. №4. С. 5 – 8 [Praskurnichiy Ye.A., Kitayeva Yu.S. Risk Factors for Osteoporosis and Osteopenia Associated with Pathogenetic Therapy of Hodgkin's Lymphoma. *Kremlevskaya Meditsina. Klinicheskiy Vestnik* = Kremlin Medicine Journal. 2022;4:5–8 (In Russ.)].
 27. Кутаева Ю.С., Праскурничий Е.А. Алгоритм оценки факторов риска нарушений минеральной плотности костной ткани на фоне патогенетической терапии лимфомы Ходжкина // Сибирское медицинское обозрение. 2023. Т.1. №139. С. 31 – 36 [Kitayeva Yu.S., Praskurnichiy Ye.A. Algorithm for Assessing Risk Factors for Bone Mineral Density Disorders during Pathogenetic Therapy for Hodgkin's Lymphoma. *Sibirskoye Meditsinskoye Obozreniye* = Siberian Medical Review. 2023;1:139:31–36 (In Russ.)].
 28. Бадыкова К.М., Кутаева Ю.С., Праскурничий Е.А., Нагиева А.Р., Кузнецова Е.В. Факторы риска снижения минеральной плотности костной ткани у пациентов с лимфомой Ходжкина // Российский медицинский журнал. 2024 Т.30. №5 С. 475-485 [Badykova K.M., Kitayeva Yu.S., Praskurnichiy Ye.A., Nagiyeva A.R., Kuznetsova Ye.V. Risk Factors for Decreased Bone Mineral Density in Patients with Hodgkin's Lymphoma. *Rossiyskiy Meditsinskiy Zhurnal* = Russian Medical Journal. 2024;30;5:475-485 (In Russ.)].
 29. Бадыкова К.М., Кутаева Ю.С., Праскурничий Е.А. Особенности денситометрической оценки костной ткани у молодых пациентов с лимфомой Ходжкина // Архивъ внутренней медицины. 2024. Т.14. №3. С. 173-180 [Badykova K.M., Kitayeva Yu.S., Praskurnichiy Ye.A. Features of Densitometric Assessment of Bone Tissue in Young Patients with Hodgkin's Lymphoma. *Arkhiv Vnutrenney Meditsiny* = Archiv of Internal Medicine. 2024;14;3:173-180 (In Russ.)].
 30. Кутаева Ю.С., Праскурничий Е.А. Алгоритм оценки факторов риска нарушений минеральной плотности костной ткани на фоне патогенетической терапии лимфомы Ходжкина // Сибирское медицинское обозрение. 2023. №1. С. 31-36 [Kitayeva Yu.S., Praskurnichiy Ye.A. Algorithm for Assessing Risk Factors for Bone Mineral Density Disorders during Pathogenetic Therapy of Hodgkin's Lymphoma. *Sibirskoye Meditsinskoye Obozreniye* = Siberian Medical Review. 2023;1:31-36 (In Russ.)].
 31. Schuit S.C., van der Klift M., Weel A.E., de Laet C.E., Burger H., Seeman E., Hofman A., Uitterlinden A.G., van Leeuwen J.P., Pols H.A. Fracture Incidence and Association with Bone Mineral Density in Elderly Men and Women: the Rotterdam Study. *Bone.* 2004;34:1:195–202. Doi: 10.1016/j.bone.2003.10.001.
 32. Mancuso S., Scaturro D., Santoro M. Bone Damage after Chemotherapy for Lymphoma: a Real-World Experience. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22:1024. Doi: 10.1186/s12891-021-04904-3.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 14.04.2026. **Принята к публикации:** 28.04.2026.

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: 14.04.2026. **Accepted for publication:** 28.04.2026

Л.С. Бутаев^{1,2}, В.А. Жеребцова¹, М.С. Бутаева³, М.А. Санникова¹, М.В. Черников¹, Е.С. Урнова¹, Д.Г. Кисиличина¹,
М.П. Булусов¹, Ю.А. Кручинкина¹, В.В. Птушкин¹, Т.А. Астрелина²

ЭФФЕКТИВЕН ЛИ ВЕНЕТОКЛАКС В КОМБИНАЦИИ СО СТАНДАРТНОЙ ТЕРАПИЕЙ РЕЦИДИВОВ ДИФфуЗНОЙ В-КРУПНОКЛЕТОЧНОЙ ЛИМФОМЫ?

¹ГБУЗ ММНКЦ им. С.П. Боткина ДЗМ

²ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

³КБ№1 МЕДСИ

Контактное лицо: Астрелина Татьяна Алексеевна: Tatiana.Astrelina@mail.ru

Резюме

Введение: несмотря на успехи в лечении р/р ДВККЛ, прогноз остается неблагоприятным. ЧОО на платино-содержащих режимах ≤50%, ПО – 30%. Исследования I-II фазы показали, что венетоклакс повышает чувствительность к химиотерапии. Представим наши данные по использованию венетоклакса с химиотерапией при р/р ДВККЛ.

Цель: оценить эффективность и переносимость химиотерапии в комбинации с венетоклаксом в сравнении со стандартными подходами.

Материалы и методы: ретроспективно включено 128 пациентов с ДВККЛ после 1-й линии, подходящих для аутоТГСК. Группы: Ven+ (n=23, R-DHAPven, R-GDPven, R-ICEven); Ven – (n=105, без венетоклакса).

Результаты: общая медиана ОВ не достигнута (НД) (95% ДИ: 26 мес. – НД). Двухлетняя ОВ 59% (95% ДИ: 49 – 67%). Медиана БСВ 8,5 мес. (95% ДИ: 4,0 – 24,0 мес.). Двухлетняя БСВ 41% (95% ДИ: 32 – 49%).

В группе Ven+ двухлетняя ОВ 68% (95% ДИ: 44 – 83%), медиана ОВ НД (95% ДИ: 15 мес. – не достигнута). В группе Ven – (n = 105) двухлетняя ОВ 57% (95% ДИ: 46–66%), медиана ОВ НД (95% ДИ: 21 мес. – не достигнута) различия не значимы (p = 0,3).

В группе Ven+ двухлетняя БСВ 51% (95% ДИ: 29–69%), медиана БСВ НД (95% ДИ: 3,5 мес. – не достигнута). В группе Ven – двухлетняя БСВ 38% (95% ДИ: 29–48%), медиана БСВ – 5,4 мес. (95% ДИ: 3,6–18,0 мес.), различия не значимы (p = 0,3). В группе Ven+ (n = 14) двухлетняя ДО составила 50% (95% ДИ: 23 – 72%), медиана ДО – 35 мес. (95% ДИ: 5,5 мес. – не достигнута). В группе Ven – (n = 44) двухлетняя ДО составила 43% (95% ДИ: 28–57%), медиана ДО – 33 мес. (95% ДИ: 23 мес. – НД), различия не значимы (p = 0,9).

Выводы: венетоклакс во 2й линии терапии р/р ДВКЛ повышает частоту полных ответов и общий ответов, с тенденцией к улучшению ОВ и БПВ, однако, при ограниченном объеме выборки статистически значимого преимущества не достигнуто.

Ключевые слова: венетоклакс, рецидив Диффузной В-крупноклеточной лимфомы, достижение длительного ответа

Для цитирования: Бутаев Л.С., Жеребцова В.А., Бутаева М.С., Санникова М.А., Черников М.В., Урнова Е.С., Кисиличина Д.Г., Булусов М.П., Кручинкина Ю.А., Птушкин В.В., Астрелина Т.А. Эффективен ли венетоклакс в комбинации со стандартной терапией рецидивов Диффузной В-крупноклеточной лимфомы? //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 99–107 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-99-107

DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-99-107

L.S. Butaev^{1,2}, V.A. Zherebtsova¹, M.S. Butaeva³, M.A. Sannikova¹, M.V. Chernikov¹, E.S. Urnova¹,
D.G. Kisilchina¹, M.P. Bulussov¹, Yu.A. Kruchinkina¹, V.V. Ptushkin¹, T.A. Astrelina²

Is Venetoclax Effective in Combination with Standard Therapy for Relapses of Diffuse Large B-Cell Lymphoma?

¹S.P. Botkin Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center

²International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

³MEDSI Clinical Hospital №1

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

Abstract

Introduction: despite the success in the treatment of r/r DVCCL, the prognosis remains unfavorable. CSR in platinum-containing modes is less than 50%, PO is 30%. Phase I-II studies have shown that venetoclax increases sensitivity to chemotherapy. We present our data on the use of venetoclax with chemotherapy for r/r DVCCL.

Aim: to evaluate the efficacy and tolerability of chemotherapy in combination with venetoclax in comparison with standard approaches.

Materials and methods: a retrospective study included 128 patients with DVCCL after line 1 who were suitable for HSCT. Groups: Ven+ (n=23, R-DHAPven, R-GDPven, R-ICEven); Ven – (n=105, without venetoclax).

Results: the overall median was not reached (ND) (95% CI: 26 months – ND). Two-year OS 59% (95% CI: 49 – 67%). Median BSV was 8.5 months (95% CI: 4.0 – 24.0 months). Two-year BSV was 41% (95% CI: 32 – 49%).

In the Ven+ group, the two – year OS was 68% (95% CI: 44–83%), the median OS was not reached (95% CI: 15 months). In the Ven group (n = 105), the two–year OB was 57% (95% CI: 46–66%), and the median OB was not reached (95% CI: 21 months). The differences were not significant (p = 0.3).

In the Ven+ group, the two–year BSV was 51% (95% CI: 29–69%), the median BSV was not reached (95% CI: 3.5 months). In the Ven group, two–year BSV was 38% (95% CI: 29 – 48%), the median BSV was 5.4 months (95% CI: 3.6–18.0 months), the

differences were not significant ($p = 0.3$). In the Ven+ group ($n = 14$), the two-year DO was 50% (95% CI: 23 – 72%), the median DO was 35 months (95% CI: 5.5 months – not reached). In the Ven group ($n = 44$), the two – year DO was 43% (95% CI: 28 – 57%), the median DO was 33 months (95% CI: 23 months – ND), the differences were not significant ($p = 0.9$).

Conclusions: venetoclax in the 2nd stage of r/r DVCL therapy increases the frequency of complete responses and overall responses, with a tendency to improve OS and BV, however, with a limited sample size, no statistically significant advantage has been achieved.

Keywords: *venetoclax, relapsed or refractory Diffuse B-large cell lymphoma, achievement of a long-term response*

For citation: Butaev LS, Zhrebtsova VA, Butaeva MS, Sannikova MA, Chernikov MV, Urnova ES, Kisilchina DG, Bulussov MP, Kruchinkina YuA, Ptushkin VV, Astrelina TA. Is Venetoclax Effective in Combination with Standard Therapy for Relapses of Diffuse Large B-Cell Lymphoma?. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:99-107. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-99-107

Введение

Эффективность первой линии Диффузной В-крупноклеточной лимфомы (ДВКЛ), при использовании R-СНОР- подобных режимов, составляет примерно 60% [1]. Пациенты с рецидивом или рефрактерным течением (р/р) заболевания имеют крайний плохой прогноз. Стандартном второй линии терапии при р/р ДВКЛ остается использование платино-содержащих препаратов с последующей высокодозной химиотерапией и аутологичной трансплантацией гемопоэтических стволовых кроветворных клеток (аутоТГСК). Эффективность данного метода не превышает 50% [2 – 6] а частота общего ответа составляет порядка 16 – 20% [2 – 6]. В реальной клинической практике доступность CAR-T (Chimeric Antigen Receptor T-cell) клеточной терапии, биспецифических антител или иммунных конъюгатов антител, остается острой проблемой ввиду технических возможностей центра, при проведении CAR-T а также высокой стоимости лечения [7 – 9]. Таким образом лечение рецидивов ДВКЛ остаются крайней актуальной проблемой.

Венетоклакс (ABT-199, GDC-0199, Венклекста) – представляет собой селективный ингибитор антиапоптотического белка BCL-2, относящейся к классу ВНЗ-миметиков, применяемый в онкогематологии для индукции апоптоза опухолевых клеток с повышенной экспрессией BCL-2. Венетоклакс селективно связывается с ВНЗ-доменом BCL-2 с субнаномолярной аффинностью, смещая про-апоптотические белки, такие как BIM (BCL-2 interacting mediator of cell death). Это смещение активирует BAX и BAK, что приводит к формированию пор в митохондриях, высвобождению цитохрома С и активации каскада апоптоза. Критическим преимуществом является то, что этот механизм не зависит от статуса TP53. Таким образом венетоклакс эффективен в клетках с делецией хромосомы 17p где ген TP53 отсутствует [10 – 11].

С момента одобрения FDA в 2016 году препарат показал выдающиеся результаты при Хроническом лимфолейкозе (ХЛЛ), остром миелобластном лейкозе (ОМЛ), отдельных типах множественной миеломы (ММ) [12 – 14]. Данные об использовании Венетоклакса в комбинации с химиотерапией у пациентов с р/р ДВКЛ, на текущий момент, ограничены. В исследовании VICER P.F. Caimi и соав. показали эффективность венетоклакса в комбинации с иммунохимиотерапией R-ICE

(ритуксимаб, ифосфамид, карбоплатин,этопозид) у пациентов с р/р ДВКЛЛ: Общий ответ (ОО) составил 81%, полный ответ (ПО) 63%, при этом пациенты достигшие ПО сохранили его на протяжении длительного периода времени, на период публикации данных, с медианой 33 месяцев [15]. Результаты других клинических исследований в настоящий момент противоречивы и не всегда находят подтверждение в реальной клинической практике, в основном это связано с ограниченностью количества пациентов, отсутствия группы контроля или комбинация с другими таргетными препаратами где труднее выделить пользу от отдельных компонентов [16-18]. Таким образом, требуется накопление опыта применения Венетоклакса в комбинации с химиотерапией в рутинной практике для детального понимания потенциала эффективности и изучения профиля токсичности у пациентов с р/р ДВКЛ.

Материалы и методы

Проведено ретроспективное исследование. В анализ включались пациенты с верифицированным диагнозом ДВКЛЛ, проходивших лечение или наблюдающихся в ММНКЦ им. С.П. Боткина ДЗМ, получившие терапию второй линии по поводу рецидива или рефрактерного течения заболевания. Оценка ответа на терапию осуществлялась по данным ПЭТ-КТ в соответствии с критериями Lugano 2014. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от применения венетоклакса в составе терапии второй линии: группа венетоклакса (Ven+, $n = 23$), получавшая режимы R-DHAPven, R-GDPven или R-ICEven, и группа стандартной терапии (Ven–, $n = 105$), получавшая R-DHAP-, R-GDP- или R-ICE-подобные режимы без венетоклакса. Доза венетоклакса составила 400 мг/сут с 1-10 дни в курсах терапии R-DHAP и R-GDP и 800 мг/сут с 1-5 дни в курсах терапии R-ICE.

Конечными точками исследования являлись: общая выживаемость (ОВ), определявшаяся как время от начала терапии второй линии до смерти от любой причины; бессобытийная выживаемость (БСВ), при расчёте которой в качестве событий учитывались прогрессирование заболевания, смерть и стабилизация заболевания; длительность полного ответа (ДО), определявшаяся как время от достижения полного ответа до прогрессирования или смерти. Выживаемость оценивалась методом Каплана–Мейера, сравнение кривых выживаемости

между группами проводилось с использованием логрангового критерия. Для оценки независимых предикторов ОВ и БСВ применялась одно- и многофакторная регрессия Кокса.

Сравнение качественных переменных между группами осуществлялось с использованием критерия χ^2 или точного критерия Фишера (при ожидаемой частоте менее 5 в любой из ячеек таблицы сопряжённости). Для сравнения количественных переменных применялся критерий Манна–Уитни. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$. Статистический анализ выполнен в программной среде R (версия 4.4.2; R Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия).

Результаты исследования

Характеристика пациентов

Суммарно в исследование включены 128 пациентов с р/р течением ДВКЛ. Медиана возраста общей группы составила 55,9 лет (диапазон 24–65 лет). Большинство включенных в исследование были мужского пола – 66,4% ($n=85$). Все пациенты имели в анамнезе только одну линию предшествующей терапии и ранее не получали CAR-T. Более подробные характеристики групп пациентов представлены в табл. 1.

Эффективность терапии

Во всей группе медиана ОВ не достигнута (95% ДИ: 26 мес. – не достигнута). Двухлетняя ОВ составила 59% (95% ДИ: 49 – 67%). Медиана БСВ составила 8,5 мес. (95% ДИ: 4,0 – 24,0 мес.). Двухлетняя БСВ составила 41% (95% ДИ: 32 – 49%). В качестве событий учитывались прогрессирование заболевания, смерть и стабилизация заболевания. Анализ ДО, проведён у 58 пациентов, достигших полного ответа. Медиана ДПО составила 34 мес. (95% ДИ: 23 мес. – не достигнута). Двухлетняя вероятность сохранения полного ответа составила 45% (95% ДИ: 32 – 57%). Результаты представлены на рис. 1.

Влияние объективного ответа на терапию

В группе пациентов, достигших объективного ответа (ОО) ($n = 68$), двухлетняя ОВ составила 86% (95% ДИ: 75 – 92%), медиана ОВ не достигнута. В группе без объективного ответа ($n = 60$) двухлетняя ОВ составила 27% (95% ДИ: 16 – 39%), медиана ОВ – 9,6 мес. (95% ДИ: 7,6 – 17,0 мес.). Различия между группами статистически значимы ($p < 0,001$). Результаты представлены на рис. 2.

Влияние венетоклакса на исходы терапии

В группе Ven+ ($n = 23$) двухлетняя ОВ составила 68% (95% ДИ: 44 – 83%), медиана ОВ не достигнута (95% ДИ: 15 мес. – не достигнута). В группе Ven– ($n = 105$) двухлетняя ОВ составила 57% (95% ДИ: 46 – 66%), медиана ОВ не достигнута (95% ДИ: 21 мес. – не достигнута). Различия между группами статистически не значимы ($p = 0,3$).

В группе Ven+ двухлетняя БСВ составила 51% (95% ДИ: 29–69%), медиана БСВ не достигнута (95% ДИ: 3,5 мес. – не достигнута). В группе Ven– двухлетняя БСВ составила 38% (95% ДИ: 29 – 48%), медиана БСВ – 5,4 мес. (95% ДИ: 3,6 – 18,0 мес.). Различия между группами статистически не значимы ($p = 0,3$).

В группе Ven+ ($n = 14$) двухлетняя ДО составила 50% (95% ДИ: 23 – 72%), медиана ДО – 35 мес. (95% ДИ: 5,5 мес. – не достигнута). В группе Ven– ($n = 44$) двухлетняя ДО составила 43% (95% ДИ: 28–57%), медиана ДО – 33 мес. (95% ДИ: 23 мес. – не достигнута). Различия между группами статистически не значимы ($p = 0,9$). Результаты представлены на рис. 3.

Лучший ответ

В группе венетоклакса ответ оценен у 22 из 23 пациентов: полный ответ (ПО) зафиксирован у 63,6% пациентов ($n = 14$), частичный ответ (ЧО) – у 9,1% ($n = 2$), стабилизация заболевания (СЗ) – у 4,5% ($n = 1$), прогрессирование заболевания (ПЗ) – у 22,7% ($n = 5$). В группе стандартной терапии ($n = 100$) ПО достигнут у 44,0% пациентов ($n = 44$),

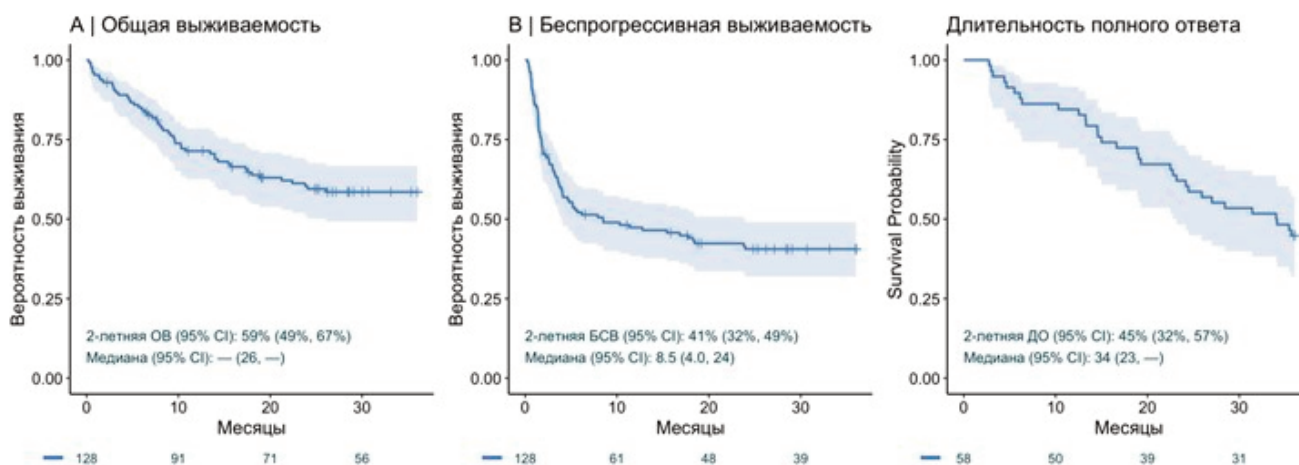


Рис. 1. Результаты Общей и беспрогрессивной выживаемости, длительности полного ответа в общей группе пациентов
Fig. 1. Overall survival (OS), progression-free survival (PFS), and duration of complete response (DoCR) in the overall patient population

Таблица 1

Характеристика пациентов
Characteristics of patients

Показатели	Все пациенты (n= 128)	Ven- (n=105)	Ven+ (n=23)	p.overal
Медиана наблюдения (медиана, диапазон)	26.1 [0.27;158]	26.1 [0.27;158]	25.1 [0.63;84.5]	0.856
Пол, n (%): Женщины Мужчины	43 (33.6%) 85 (66.4%)	36 (34.3%) 69 (65.7%)	7 (30.4%) 16 (69.6%)	0.912
Возраст на момент начала протокола, годы (медиана, диапазон)	55.9 [24.5;65.6]	54.7 [24.5;65.5]	58.0 [30.8;65.6]	0.175
GCB или Non-GCB на момент включения в протокол, n (%): GCB ABC Неизвестно	36 (28.1%) 65 (50.7%) 27 (21.2%)	28 (26.6%) 52 (49.5%) 25 (23.9%)	8 (34.7%) 12 (52.1%) 2 (13.2%)	0.994
Стадия по Ann Arbor, n (%): I II III IV	4 (3.12%) 15 (11.7%) 21 (16.4%) 88 (68.8%)	4 (3.81%) 12 (11.4%) 15 (14.3%) 74 (70.5%)	0 (0.00%) 3 (13.0%) 6 (26.1%) 14 (60.9%)	0.441
Предшествующая терапия, n (%): R-CHOP R-DA-EPOCH/R-EPOCH NHL-BFM-90 R-CHOP + HD-MTX R-DA-EPOCH/R-EPOCH +MD-MTX	90 (70.3%) 26 (20.3%) 3 (2.34%) 6 (4.69%) 3 (2.34%)	71 (67.6%) 25 (23.8%) 2 (1.90%) 4 (3.81%) 3 (2.86%)	19 (82.6%) 1 (4.35%) 1 (4.35%) 2 (8.70%) 0 (0.00%)	0.091
Терапия 2 линии, n (%): R-DHAP R-GDP R-ICE R-DHAPven R-GDPven R-ICEven	85 (66.4%) 3 (2.34%) 17 (13.3%) 5 (3.91%) 8 (6.25%) 10 (7.81%)	85 (81.0%) 3 (2.86%) 17 (16.2%) 0 (0.00%) 0 (0.00%) 0 (0.00%)	0 (0.00%) 0 (0.00%) 0 (0.00%) 5 (21.7%) 8 (34.8%) 10 (43.5%)	<0.001
ECOG до начала лечения, n (%): ≤1 >1	95 (74.2%) 33 (25.8%)	75 (71.4%) 30 (28.6%)	20 (87.0%) 3 (13.0%)	0.201
IP1 до начала лечения, n (%): 0-2 3-5	47 (36.7%) 81 (63.3%)	38 (36.2%) 67 (63.8%)	9 (39.1%) 14 (60.9%)	0.979
Статус до начала лечения, n (%): Поздний рецидив Прогрессия заболевания Ранний рецидив Стабилизация заболевания Частичный ответ	11 (8.59%) 57 (44.5%) 22 (17.2%) 9 (7.03%) 29 (22.7%)	8 (7.62%) 46 (43.8%) 19 (18.1%) 9 (8.57%) 23 (21.9%)	3 (13.0%) 11 (47.8%) 3 (13.0%) 0 (0.00%) 6 (26.1%)	0.577
Экстранодальное поражение, n (%): Нет Да	19 (18.6%) 83 (81.4%)	17 (19.5%) 70 (80.5%)	2 (13.3%) 13 (86.7%)	0.731
В-симптомы, n (%): Нет Да	50 (39.1%) 78 (60.9%)	39 (37.1%) 66 (62.9%)	11 (47.8%) 12 (52.2%)	0.474
Массивное поражение (Bulky), n (%): Нет Да	75 (59.1%) 52 (40.9%)	61 (58.7%) 43 (41.3%)	14 (60.9%) 9 (39.1%)	1.000

ЧО – у 8,0% (n = 8), СЗ – у 12,0% (n = 12), ПЗ – у 36,0% (n = 36). Статистически значимых различий в распределении ответов между группами не выявлено (χ^2 , p = 0,34). Сравнительные результаты терапии представлены на рис. 4.

Сбор стволовых кроветворных клеток, и последующая терапия

В группе, получавшей венетоклакс (n = 23) сбор периферических стволовых кроветворных клеток

(ПСКК) проведен у 18; у оставшихся пяти пациентов процедура не проводилась по различным причинам. Уровень успешной мобилизации ПСКК ($\geq 2,0 \times 10^6$ CD34⁺-клеток/кг) достигнут в 78% (n = 14) случаев. Среди этих пациентов медиана количества CD34⁺-клеток составила $4,07 \times 10^6$ /кг (диапазон 3,22 – $22,0 \times 10^6$ /кг). АутоТГСК после завершения терапии венетокклаксом выполнена у 8 пациентов, с режимом кондиционирования BEAM

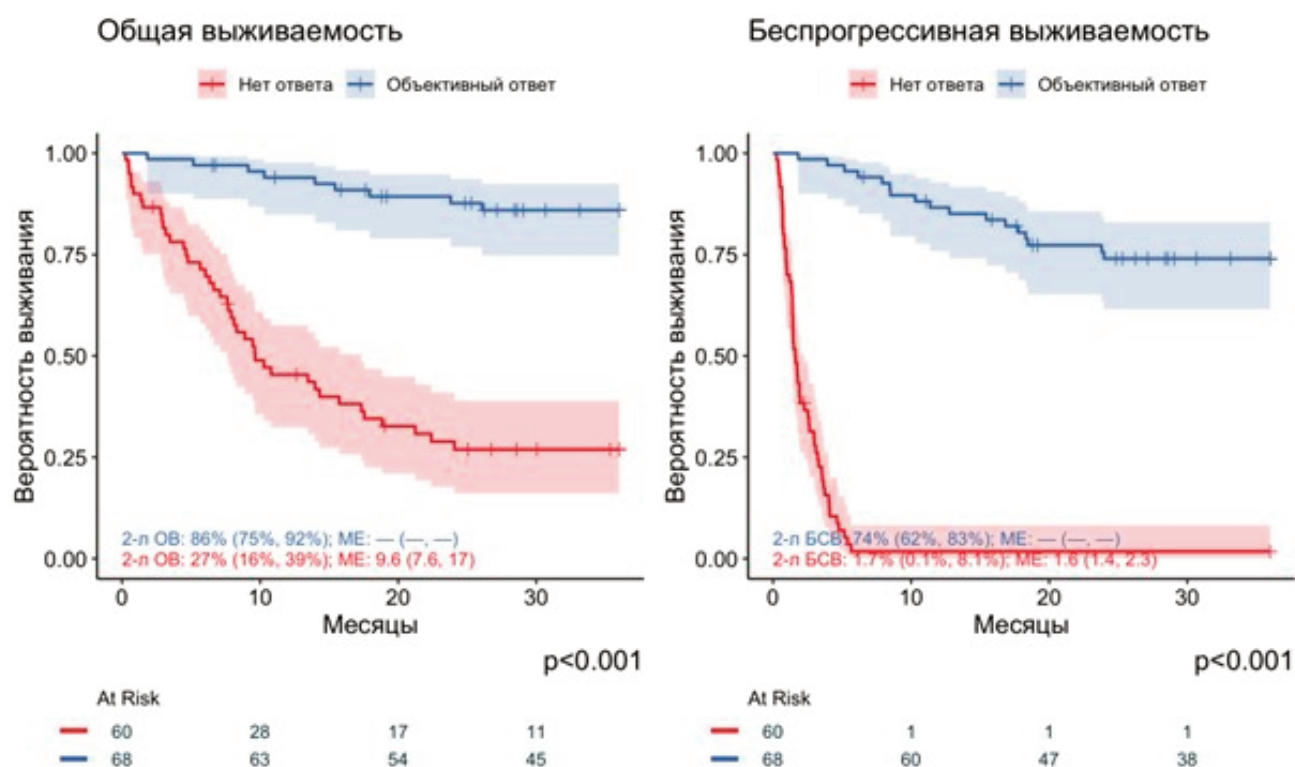


Рис. 2. Общая и беспрогрессивная выживаемость в зависимости от достижения объективного ответа
Fig. 2. OS and PFS by objective response

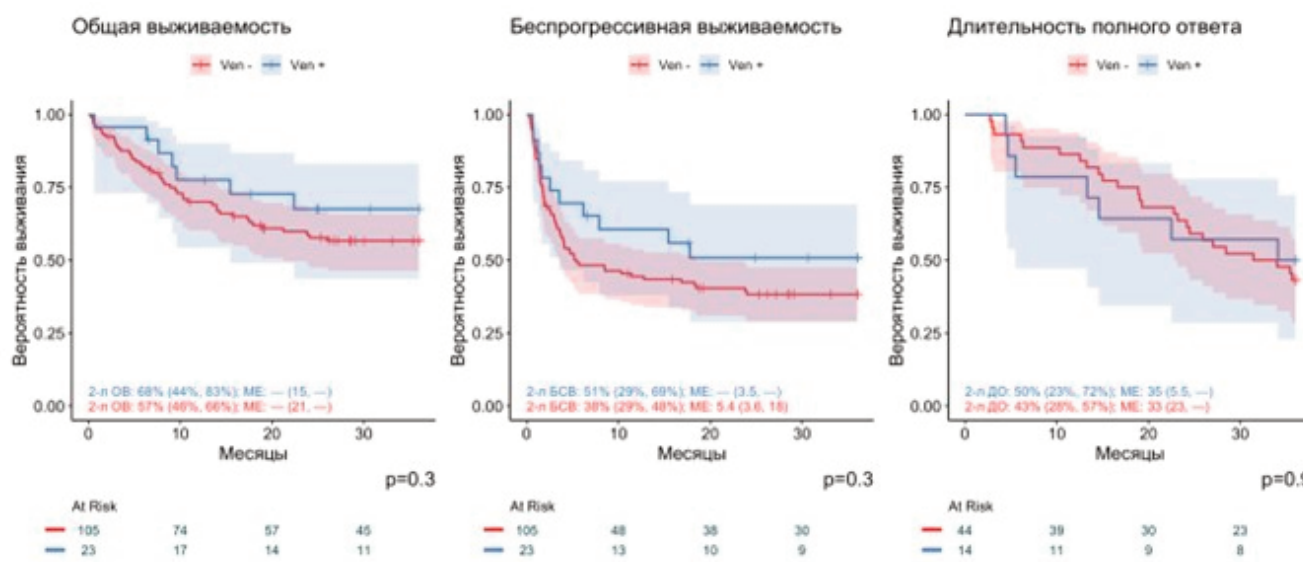


Рис. 3. Эффективность добавления венетоклакса в терапии рецидивов ДВКЛ
Fig. 3. Clinical efficacy of venetoclax addition to relapsed DLBCL therapy

(карсустин, цитарабин, этопозид, мелфалан); двум пациентам, ввиду неэффективной мобилизации, проведена аллогенная трансплантация гемопоэтических стволовых клеток (аллоТГСК) с режимом кондиционирования был BenFlu (бендамустин, флударабин).

На момент анализа у 39% пациентов ($n = 9$) была инициирована последующая линия терапии по следующим причинам: прогрессия заболевания ($n = 6$), ранний рецидив ($n = 2$) и частичный ответ ($n = 1$). В качестве следующих опций применялись: химиотерапия ($n = 5$), схемы с полатузумаб

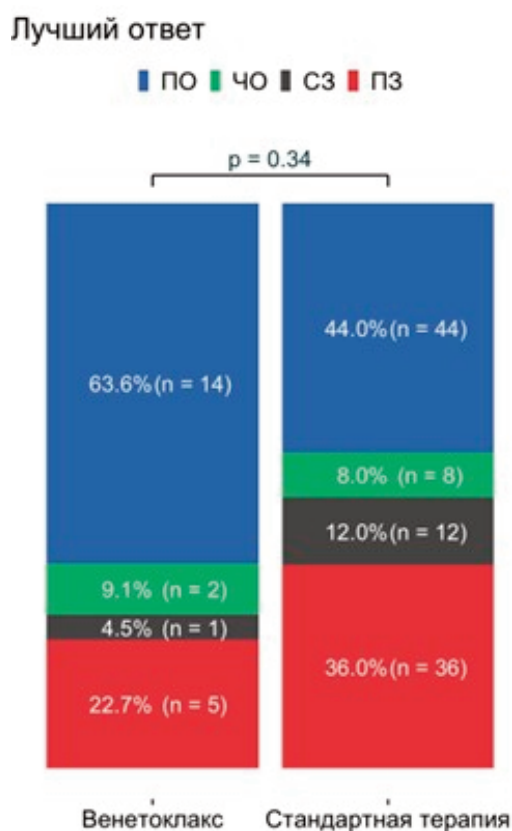


Рис. 4. Лучший ответ на терапию в двух группах
Fig. 4. Best overall response by treatment arm

ведотином (n=1), терапия биспефидическими препаратами (n=3). На последующих этапах, после комбинированной терапии с венетоклаком: одному пациенту выполнена аллоТГСК; одному пациенту аутоТГСК и один пациент получил CAR-T клеточную терапию.

В группе стандартной терапии (n=105) сбор ПСКК осуществлен в 46 случаев, из которых успешная мобилизация достигнута в 94% пациентов (n=43). Медиана количества CD34⁺-клеток составила 3,75×10⁶/кг (диапазон 2,0 – 21,3×10⁶/кг). Консолидация в виде аутоТГСК выполнена у 25 пациентов.

Смертность

Среди зарегистрированных летальных исходов (n = 49) наиболее частой причиной смерти явилось прогрессирование заболевания или рецидив (ПЗ/Рецидив) – 32 случая (65,3%). Инфекционные осложнения стали причиной смерти в 13 (26,5%) случаев. Прочие причины зафиксированы у 4 (8,2%) пациентов. Результаты летальности представлены на рис. 5.

Безопасность терапии

У всех пациентов были выявлены нежелательные явления (НЯ) различной степени. Наиболее частая группа НЯ, на фоне комбинации с венетоклаком, были гематологические осложнения. Частота нейтропении, анемии и тромбоцитопении составила 100%: включая ≥ 3 степени 100% (n = 23) у нейтропении, 57% (n = 13) анемии и тромбоцитопении в

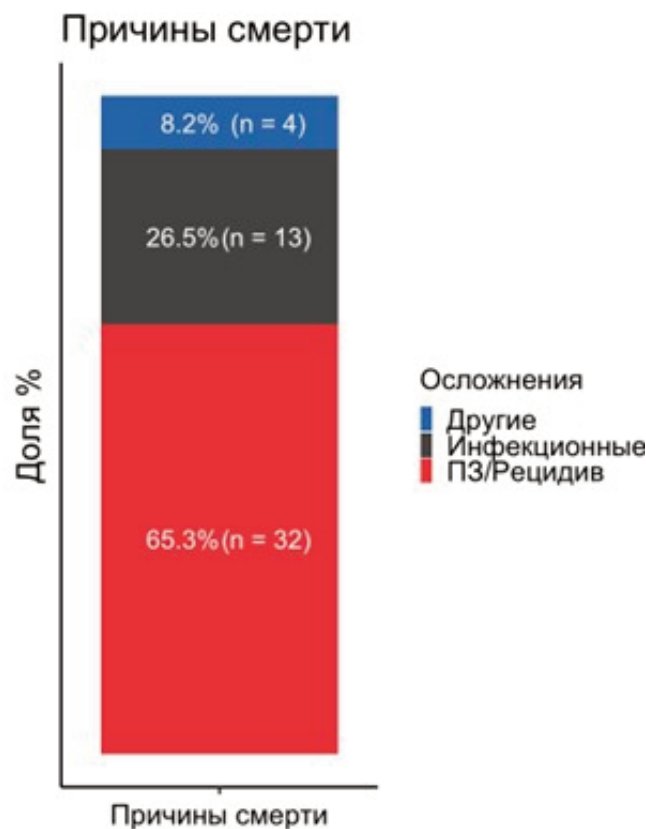


Рис. 5. Причины летального исхода пациентов
Fig. 5. Causes of mortality in the study population

87% (n = 20) случаев. Бактериальные инфекционные осложнения развились у 11 пациентов (47%) включая ≥3 степень у 7 пациентов (37%), смерть, связанная с инфекцией в 1 случае (4%). Грибковые и вирусные (COVID-19) инфекции выявлены в единичных случаях соответственно. Структура нежелательных явлений представлена в табл. 2.

Влияние клинических факторов на исходы терапии

В однофакторном анализе статистически значимыми предикторами общей выживаемости явились возраст на момент начала лечения (ОР 1,04; 95% ДИ: 1,01 – 1,07; p = 0,020) и статус ECOG >1 (ОР 1,83; 95% ДИ: 1,03–3,24; p = 0,040). Остальные анализируемые переменные – пол, молекулярный подтип (GCB/non-GCB), экспрессия BCL-2, стадия по Ann Arbor, наличие В-симптомов, массивное поражение и экстранодальное поражение – не достигли уровня статистической значимости. В многофакторном анализе ОВ возраст сохранил статистическую значимость (ОР 1,04; 95% ДИ: 1,00–1,07; p = 0,025). Статус ECOG >1 в многофакторной модели утратил статистическую значимость (ОР 1,66; 95% ДИ: 0,93–2,97; p = 0,086).

В однофакторном анализе бессобытийной выживаемости отсутствие В-симптомов демонстрировало тенденцию к статистической значимости (ОР 0,65; 95% ДИ: 0,40–1,05; p = 0,075), не достигнув, однако, установленного порогового уровня. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 2

Нежелательные явления
Treatment-emergent adverse events

НЯ	Степень тяжести							
	Любой		1 – 2		3 – 4		5	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Все НЯ								
Гематологическая токсичность								
Анемия	23	100%	10	43%	13	57%	0	0
Нейтропения	23	100%	0	0	23	100%	0	0
Тромбоцитопения	23	100%	3	13%	20	87%	0	0
Инфекционные НЯ								
Любая инфекция	13	56%	5	21%	7	31%	1	4%
Вирусная инфекция:	0	0	0	0	0	0	0	0
COVID-19	1	4%	1	4%	0	0	0	0
Бактериальная инфекция	11	47%	3	13%	7	30%	1	4%
Грибковая инфекция	1	4%	1	4%	0	0	0	0
Лабораторные изменения								
Рост АЛТ/АСТ	13	56%	11	47%	2	9%	0	0
Рост билирубина	4	17%	4	17%	0	0	0	0
Рост креатинина	3	13%	3	13%	0	0	0	0
Другие НЯ								
Головная боль	3	13%	3	13%	0	0	0	0
Тошнота	4	17%	4	17%	0	0	0	0
Диарея	6	26%	6	26%	0	0	0	0

Обсуждение

В нашем исследовании сформированные группы Ven+ и Ven– были сопоставимы по ключевым клинико-демографическим характеристикам, включая возраст, пол, молекулярный подтип (GCB/ABC), стадию по Ann Arbor, индекс IPI и статус ECOG, что минимизировало риск систематической ошибки при сравнении терапевтических исходов. В представленных результатах отсутствует значимые различия по частоте экстранодального поражения, наличию В-симптомов и массивной опухолевой массы свидетельствовало о сравнимой исходной опухолевой нагрузке между группами.

Полученные в общей когорте показатели выживаемости соответствуют результатам международных исследований терапии второй линии при р/р ДВКЛ [4 – 6, 19]. Двухлетняя ОВ составила 59%, БСВ – 8,5 мес, что укладывается в диапазон, описанный для пациентов на платино-содержащих режимов с последующей аутологичной трансплантацией стволовых клеток (аутоТГСК) или без неё.

Согласно нашим данным прогностическим фактором в анализе стало достижение ОО: двухлетняя ОВ составила 86% у пациентов с ОО против 27% без него, демонстрируя высокую значимость раннего ответа. Эти данные согласуются с ретроспективными и проспективными исследованиями, где достижение ремиссии заболевания на терапии спасения ассоциировалась лучшей долгосрочной выживаемостью [20, 21]. Независимо от добавления венетоклакса, индукция ОО остается определяющим фактором исходов пациентов с р/р ДВКЛ.

Добавление венетоклакса к курсам химиотерапии, в сравнении со стандартной терапией, ассоциируется с более высокой частотой полных и объективных ответов: ПО 60,9% против 41,9%; ОО 69,6% против 49,5%, а также положительной тенденцией к улучшению двухлетней ОВ 68% против 57% ($p = 0,3$) и БСВ 51% против 38% ($p = 0,3$). Однако полученные данные не достигают статистической значимости. Также добавление венетоклакса обеспечивает достаточные для аутоТГСК объемы сбора CD34⁺ клеток у большинства пациентов хотя снижает общую осуществимость процедуры: 77,8% против 93,5%. Однако, основываясь на полученных данных, сказать однозначно, что венетоклакс ухудшает мобилизационную возможность нельзя. Из возможных ограничивающих причин, полноценного анализа данных, могут служить – ретроспективный анализ данных, небольшая выборка пациентов в группе Ven+ и отсутствие рандомизации при включении пациентов в исследование.

Комбинированная химиотерапия с венетоклаком показала ожидаемый профиль токсичности. У всех пациентов были гематологические управляемые НЯ, при этом нейтропения была только 3 степени и выше. Частота инфекционных НЯ, в основном бактериальных, составила 56%, при этом смерть, связанная с инфекцией, была зафиксирована в одном случае (4%). В группе сравнения ($n = 105$), летальный исход, от бактериальных осложнений после курсов терапии, составил 3,8% ($n = 4$). Полученные данные сопоставимы с токсичностью стандартной химиотерапии второй линии ДВКЛ, где частота нейтропении ≥ 3 степени составляет 70 – 90%, частота инфекций составляет 25 –

Таблица 3

Факторы влияющие на прогноз терапии
Factors associated with treatment prognosis

Показатели		Все	ОР (однофакторный)	ОР (многофакторный)	ОР для БПВ (однофакторный)	ОР для БПВ (многофакторный)
Пол, n (%)	Женщины	43 (33.6)	—	—	—	—
	Мужчины	85 (66.4)	1.00 (0.56–1.79, p=0.995)	—	1.09 (0.67–1.78, p=0.733)	—
Возраст на момент начала протокола, годы (медиана, диапазон)	Стандартное отклонение	52.2 (10.2)	1.04 (1.01–1.07, p=0.020)	1.04 (1.00–1.07, p=0.025)	1.01 (0.99–1.03, p=0.346)	1.01 (0.99–1.03, p=0.415)
GCB или Non-GCB на момент включения в протокол, n (%)	ABC	65 (64.4)	—	—	—	—
	GCB	36 (35.6)	1.02 (0.54–1.93, p=0.956)	—	1.11 (0.65–1.89, p=0.709)	—
Наличие экспрессии BCL-2 в дебюте заболевания, n (%)	Да	63 (49.2)	—	—	—	—
	Нет/Неизв	65 (50.8)	1.04 (0.60–1.81, p=0.880)	—	1.03 (0.66–1.63, p=0.882)	—
Стадия III–IV по Ann Arbor, n (%)	I–II	19 (14.8)	—	—	—	—
	III–IV	109 (85.2)	1.77 (0.70–4.46, p=0.225)	—	1.11 (0.58–2.10, p=0.754)	—
B-симптомы, n (%)	Да	78 (60.9)	—	—	—	—
	Нет	50 (39.1)	0.68 (0.38–1.23, p=0.207)	—	0.65 (0.40–1.05, p=0.075)	—
ECOG до начала лечения, n (%)	≤1	95 (74.2)	—	—	—	—
	>1	33 (25.8)	1.83 (1.03–3.24, p=0.040)	1.66 (0.93–2.97, p=0.086)	0.97 (0.58–1.63, p=0.907)	0.95 (0.56–1.60, p=0.844)
Массивное поражение в дебюте заболевания, n (%)	Нет	75 (59.1)	—	—	—	—
	Да	52 (40.9)	1.59 (0.92–2.76, p=0.096)	1.55 (0.89–2.70, p=0.118)	1.40 (0.89–2.22, p=0.148)	1.39 (0.88–2.21, p=0.159)
Экстранодальное поражение в дебюте заболевания, n (%)	Да	83 (81.4)	—	—	—	—
	Нет	19 (18.6)	1.07 (0.49–2.32, p=0.863)	—	1.02 (0.54–1.92, p=0.953)	—

ОР- отношение рисков БПВ- беспрогрессивная выживаемость

50% случаев, а летальность от инфекционных осложнений составляет 3 – 4% [22 – 24]. Таким образом добавление венетоклакса увеличивает частоту и степень тяжести нейтропении, без увеличения частоты летальных исходов. Это подчеркивает необходимость тщательного мониторинга и проведения советующей профилактики у пациентов, получающих комбинированную терапию венетоклаксом.

Идея применения венетоклакса в терапии ДВККЛ не является новой, однако исследований, посвященных этой тематике недостаточно. Так, использование препарата в первой линии терапии в комбинации с R-CHOP продемонстрировал частоту ПО 69%, при медиане наблюдения 32,2 месяца наблюдалась тенденция к улучшению БПВ у пациентов с BCL-2 позитивным статусом [16]. Применение

при р/р ДВКЛ венетоклакса в монорежиме не выявило достаточного терапевтического эффекта: ОО 18% при медиане БПВ 1 месяц [17]. Saimi P.F. и соав. опубликовали данные об эффективности комбинации венетоклакса с химиотерапией: ОО 81% из них ПО 63% [15]. Аналогичные результаты получены и в нашем исследовании. Среди комбинаций с другими таргетными агентами, наиболее эффективной комбинацией оказалось схема ViPOR (венетоклакс, ибрутиниб, леналидомид, обинутузумаб): ЧОО 54% и ПО 38% а двухлетняя БПВ и ОВ составили 34% и 36% соответственно [18, 25]. Напротив, комбинация венетоклакса только с обинутузумабом или с ибрутинибом демонстрируют менее благоприятные результаты: ЧОО 38% и 48% соответственно [26, 27].

Полученные данные подтверждают потенциал венетоклакса в терапии ДВККЛ, особенно в комбинированных режимах терапии.

При анализе прогностических факторов риска в однофакторной модели было показано, что неблагоприятными предикторами ОВ являлись более старший возраст и высокий функциональный статус (ECOG >1), тогда как молекулярный подтип, стадия по Ann Arbor, наличие В-симптомов, экспрессия BCL-2, массивное или экстранодальное поражение не показали статистической значимости. Отсутствие явного влияния В-симптомов и других клинических характеристик на БСВ в нашем анализе, вероятно, связано как с ограниченным размером выборки, так и с относительной неоднородностью исследуемой группы.

Заключение

В реальной клинической практике добавление венетоклакса к режимам второй линии терапии р/р ДВКЛ на фоне сопоставимых исходных характеристик приводит к более высокой частоте полных и объективных ответов, а также тенденции к улучшению ОВ и БСВ, однако при ограниченном объеме выборки статистически значимого преимущества не достигнуто. Возраст и продвинутый статус ECOG остаются независимыми неблагоприятными факторами ОВ, тогда как решающим предиктором долгосрочного исхода является факт достижения объективного ответа, вне зависимости от использования венетоклакса. Полученные результаты подчеркивают дальнейшее изучение венетоклакса в комбинированных режимах у молекулярно-отобранных подгрупп р/р ДВКЛ в дальнейших исследованиях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

- Coiffier B., Thieblemont C., van de Neste E., et al. Long-Term Outcome of Patients in the LNH-98.5 Trial, the First Randomized Study Comparing Rituximab-CHOP to Standard CHOP Chemotherapy in DLBCL Patients: a Study by the Groupe D'etudes des Lymphomes de l'Adult. *Blood*. 2010;116;12:2040-5.
- Gisselbrecht C., Glass B., Mounier N., et al. Salvage Regimens with Autologous Transplantation for Relapsed Large B-cell Lymphoma in the Rituximab Era. *J Clin Oncol*. 2010;28;27:4184-90.
- Crump M., Kuruvilla J., Couban S., et al. Randomized Comparison of Gemcitabine, Dexamethasone, and Cisplatin Versus Dexamethasone, Cytarabine, and Cisplatin Chemotherapy before Autologous Stem-Cell Transplantation for Relapsed and Refractory Aggressive Lymphomas: NCIC-CTG LY.12. *J Clin Oncol*. 2014;32;34:3490-6.
- Imhoff G.W., McMillan A., Matasar M.J., et al. Ofatumumab Versus Rituximab Salvage Chemoimmunotherapy in Relapsed or Refractory Diffuse Large B-cell Lymphoma: the Orchard Study. *J Clin Oncol*. 2017;35;5:544-51.
- Philip T., Guglielmi C., Hagenbeek A., et al. Autologous Bone Marrow Transplantation as Compared with Salvage Chemotherapy in Relapses of Chemotherapy-Sensitive non-Hodgkin's Lymphoma. *N Engl J Med*. 1995;333;23:1540-5.
- Crump M., Neelapu S.S., Farooq U., et al. Outcomes in Refractory Diffuse Large B-cell Lymphoma: Results from the International SCHOLAR-1 Study. *Blood*. 2017;130;16:1800-8.
- Bastos-Oreiro M., Abrisqueta P., Gutierrez A., et al. New Therapies for Relapsed or Refractory Aggressive B-Cell Lymphoma Increase Survival: Analysis from the RELINF Registry of the Geltamo Group. *Hemasphere*. 2024;8;4:e70.
- Sun L.L., Ellerman D., Mathieu M., et al. Anti-CD20/CD3 T Cell-Dependent Bispecific Antibody for the Treatment of B-Cell Malignancies. *Sci Transl Med*. 2015;7;287:287ra70.
- Falchi L., Vardhana S.A., Salles G.A. Bispecific Antibodies for the Treatment of B-cell Lymphoma: Promises, Unknowns, and Opportunities. *Blood*. 2023;141;5:467-80.
- Stilgenbauer S., Eichhorst B., Schetelig J., et al. Venetoclax in Relapsed or Refractory Chronic Lymphocytic Leukaemia with 17p Deletion: a Multicentre, Open-Label, Phase 2 Study. *Lancet Oncol*. 2016;17;6:768-78.
- Nishida Y., et al. Enhanced TP53 Reactivation Disrupts MYC Transcriptional Program and Overcomes Venetoclax Resistance in Acute Myeloid Leukemias. *Sci Adv*. 2023;9;17:eadh1436.
- Shoukier M., et al. Activity of Venetoclax-Based Therapy in TP53-Mutated Acute Myeloid Leukemia. *J Clin Oncol*. 2019;37;15_suppl:7034.
- Avet-Loiseau H., Li J.Y., Facon T., et al. High Incidence of Translocations T(11;14)(q13;q32) and t(4;14)(p16;q32) in Patients with Plasma cell Malignancies. *Cancer Res*. 1998;58;24:5640-5.
- Stilgenbauer S., Eichhorst B., Schetelig J., et al. Venetoclax for Patients with Chronic Lymphocytic Leukemia with 17p Deletion: Results from the Full Population of a Phase II Pivotal Trial. *J Clin Oncol*. 2018;36;19:1973-80.
- Caimi P.F., Cashen A., Gallogly M., et al. Venetoclax Combined with R-ICE (VICER) for Second Line Treatment of Diffuse Large B-cell Lymphoma Refractory or Relapsed after Initial Chemoimmunotherapy. *Hematol Oncol*. 2023;41;Suppl 2:436-7.
- Morschhauser F., Feugier P., Flinn I., et al. A Phase II Study of Venetoclax Plus R-CHOP as First-Line Treatment for Patients with Diffuse Large B-cell Lymphoma. *Blood*. 2020;136;18:2081-9.
- Davids M.S., Roberts A.W., Seymour J.F., et al. Phase I First-in-Human Study of Venetoclax in Patients with Relapsed or Refractory Non-Hodgkin Lymphoma. *J Clin Oncol*. 2017;35;8:826-33.
- Melani C., Lakhota R., Pittaluga S., et al. Phase Ib/II Study of Multi-Targeted Therapy with Venetoclax, Ibrutinib, Prednisone, Obinutuzumab, and Lenalidomide (ViPOR) in Relapsed/Refractory (R/R) Diffuse Large B-cell Lymphoma (DLBCL). *Blood*. 2023;142;Suppl 1:261.
- Harrysson S., Eloranta S., Ekberg S., et al. Incidence of Relapsed/Refractory Diffuse Large B-cell Lymphoma (DLBCL) Including CNS Relapse in a Population-Based Cohort of 4243 Patients in Sweden. *Blood Cancer J*. 2021;11;10:168.
- Dogliotti I., Peri V., Clerico M., et al. Real Life Clinical Outcomes of Relapsed/Refractory Diffuse Large B-cell Lymphoma in the Rituximab Era: the Strider study. *Cancer Med*. 2024;13;3:e6845.
- Ip A., Mutebi A., Wang T., et al. Treatment Outcomes with Standard of Care in Relapsed/Refractory Diffuse Large B-cell Lymphoma: Real-World Data Analysis. *Adv Ther*. 2024;41;2:689-706.
- Tavakkoli M., Barta S.K. 2024 Update: Advances in the risk Stratification and Management of Large B-cell Lymphoma. *Am J Hematol*. 2024;99;1:92-109.
- Ohmoto A., Fuji S. Infection Profiles of Different Chemotherapy Regimens and the Clinical Feasibility of Antimicrobial Prophylaxis in Patients with DLBCL. *Blood Rev*. 2020;44:100738.
- Gisselbrecht C., Schmitz N., Mounier N., et al. R-ICE Versus R-DHAP in Relapsed Patients with CD20 Diffuse Large B-cell Lymphoma (DLBCL) Followed by Stem Cell Transplantation and Maintenance Treatment with Rituximab or Not: First Interim Analysis on 200 Patients. *Coral study*. *Blood*. 2007;110;11:517.
- Melani C., Lakhota R., Pittaluga S., et al. Combination Targeted Therapy in Relapsed Diffuse Large B-cell Lymphoma. *N Engl J Med*. 2024;390;3:201-11.
- Jaeger U., Simonitsch-Klupp I., Klammer P., et al. Phase II Single-Arm Study of a Combination of Obinutuzumab and Venetoclax in Early Relapsed or Refractory Diffuse Large B-cell Lymphoma – Final Results of the AGMT NHL15B Study. *Front Hematol*. 2024;3:1331008.
- Yang M., Huang Y., Zhu L., et al. Clinical Study of Ibrutinib Combined with Venetoclax Regimen in the Treatment of Relapsed/Refractory Diffuse Large B-cell Lymphoma. *Zhongguo Shi Yan Xue Ye Xue Za Zhi*. 2024;32;5:1323-9.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 13.03.2026. **Принята к публикации:** 15.04.2026.

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: 13.03.2026. **Accepted for publication:** 15.04.2026

ЛЕЙКОЗЫ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СИНДРОМ: КЛИНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ДВУНАПРАВЛЕННАЯ СВЯЗЬ

¹Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

²ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Китаева Юлия Сергеевна: jkhema@yandex.ru

Резюме

Острые лейкозы представляют собой группу злокачественных заболеваний кроветворной ткани, характеризующихся неконтролируемой пролиферацией аномальных клеток. В общей структуре заболеваемости гемобластозами острые лейкозы (как миелоидные, так и лимфобластные) занимают значительную долю, встречаясь с частотой около четырех случаев на 100 тыс. взрослого населения для острого миелоидного лейкоза и полтора случая для острого лимфобластного лейкоза. Важными критериями эффективности лечения являются полная ремиссия и долгосрочная выживаемость. Современные подходы к терапии, включающие полихимиотерапию и трансплантацию гемопоэтических стволовых клеток (ТГСК), позволили достичь значимых успехов в повышении общей выживаемости пациентов с острым лейкозом. Однако интенсивное лечение зачастую сопровождается развитием различных осложнений, среди которых особую значимость приобретают метаболические нарушения. Подобные изменения могут включать как острые (гипергликемия, электролитные дисбалансы), так и отдаленные эффекты (нарушения липидного обмена, остеопенические процессы, изменения эндокринной регуляции). На сегодняшний день в литературе активно обсуждаются вопросы токсичности противоопухолевой терапии, но особенности метаболических сдвигов и их динамика у взрослых пациентов с острым лейкозом, проходящих патогенетическое лечение (в том числе ТГСК), остаются недостаточно изученными. Отсутствие четких алгоритмов диагностики и мониторинга метаболических нарушений на разных этапах лечения затрудняет своевременную коррекцию этих состояний и профилактику тяжелых осложнений. Таким образом, актуальность темы определяется необходимостью верификации метаболических нарушений при остром лейкозе в динамике – от дебюта заболевания до поздних периодов после проведенной терапии, что позволит оптимизировать лечебно-диагностический процесс, улучшить качество жизни и прогноз пациентов.

Ключевые слова: метаболический синдром, дислипидемия, острый лейкоз, гематология, химиотерапия, трансплантация костного мозга

Для цитирования: Праскурничий Е.А., Удалов Ю.Д., Китаева Ю.С., Юргин Б.Г. Лейкозы и метаболический синдром: клинические особенности, двунаправленная связь //Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 108–112 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-108-112

Leukemias and Metabolic Syndrome: Clinical Features, Bidirectional Relationship

¹Russian National Research Medical University named after. N. I. Pirogova, Moscow, Russia

²International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Kitaeva Julia Sergeevna: jkhema@yandex.ru

Abstract

Acute leukemias represent a group of malignant hematopoietic disorders characterized by the uncontrolled proliferation of abnormal cells. Within the overall incidence of hematologic malignancies, acute leukemias (both myeloid and lymphoblastic) constitute a significant proportion, occurring at an estimated frequency of approximately 4 cases per 100,000 adults for acute myeloid leukemia and 1.5 cases for acute lymphoblastic leukemia. Key indicators of treatment efficacy include complete remission and long-term survival. Modern therapeutic strategies, encompassing polychemotherapy and hematopoietic stem cell transplantation (HSCT), have led to substantial improvements in the overall survival rates of patients with acute leukemia. However, the intensity of treatment is often accompanied by the development of various complications, among which metabolic disturbances are of particular clinical relevance. These alterations may present as both acute events (such as hyperglycemia and electrolyte imbalances) and delayed effects (including lipid metabolism disorders, osteopenic processes, and disruptions in endocrine regulation).

While the toxicity of antineoplastic therapy is widely discussed in the current literature, the specific features and dynamics of metabolic disturbances in adult patients with acute leukemia undergoing pathogenetic treatment (including HSCT) remain insufficiently studied. The absence of standardized diagnostic and monitoring algorithms for metabolic abnormalities at different stages of treatment complicates timely intervention and the prevention of severe complications.

Thus, the relevance of this topic is underscored by the need for systematic verification of metabolic disturbances throughout the disease course – from initial diagnosis to late post-treatment periods – which could enhance diagnostic and therapeutic processes, improve patient quality of life, and ultimately contribute to better prognostic outcomes.

Keywords: *metabolic syndrome, dyslipidemia, acute leukemia, hematology, chemotherapy, bone marrow transplantation*

For citation: Praskurnichiy EA, Udalov YD, Kitayeva YS, Yurgin BI. Leukemias and Metabolic Syndrome: Clinical Features, Bidirectional Relationship. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2: 108-112. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-108-112

Введение

Современная клиническая практика всё чаще сталкивается с пациентами, у которых одновременно присутствуют онкогематологические заболевания и выраженные метаболические нарушения. Одной из наиболее распространённых комбинаций является лейкоз (например, хронические формы – миелоидный и лимфолейкоз) и метаболический синдром (МС), включающий ожирение, дислипидемию, гипертонию и инсулинорезистентность. По данным ряда исследований [1, 2], наличие метаболического дисбаланса может не только утяжелять течение гемобластозов, но и усиливать токсичность специфической терапии, тогда как активное лечение лейкоза (химиотерапия, большие дозы кортикостероидов, таргетные препараты) само по себе способно провоцировать или усугублять проявления МС [3].

Целью настоящей работы является комплексный анализ взаимовлияния лейкозов и метаболического синдрома. Особое внимание уделено динамике массы тела, липидного профиля и гормонального статуса (в первую очередь уровней ТТГ и кортизола) на различных этапах (дебют заболевания, подготовка к трансплантации костного мозга и посттрансплантационный период).

Обзор литературы

МС рассматривается как сочетание ожирения (чаще абдоминального), нарушений липидного обмена и артериальной гипертензии, ассоциированных с инсулинорезистентностью [4]. Международные критерии (IDF, NCEP-ATP III и др.) включают в себя повышенную окружность талии, гипертриглицеридемию, низкие ЛПВП, гипергликемию натощак и/или сахарный диабет 2-го типа, а также АГ. Диагноз МС ставится при наличии трёх и более признаков из перечисленных [5]. Согласно данным эпидемиологических исследований, в развитых странах распространённость МС может достигать 25–35 % взрослого населения [4]. Риск особенно высок у лиц старше 45–50 лет. К факторам, способствующим развитию МС, относят малоподвижный образ жизни, избыточное потребление калорий (особенно за счёт простых углеводов и насыщенных жиров), хронический стресс, генетическую предрасположенность, а также некоторые эндокринные патологии. Ключевым звеном в развитии МС признаётся инсулинорезистентность, влекущая за собой компенсаторную гиперинсулинемию, дислипидемию и эндотелиальную дисфункцию [3]. Висцеральное ожирение сопровождается повышенным высвобождением свободных жирных кислот, провоспалительных цитокинов, снижением уровня адипонектина, что в целом способствует хронизации субклинического воспаления, прогрессированию

атеросклероза и повышению риска сердечно-сосудистых осложнений.

У пациентов с гемобластозами наличие МС может ухудшать переносимость высокодозной химиотерапии, повышать вероятность тромботических и инфекционных осложнений [1]. Также у таких больных чаще регистрируются нарушения углеводного обмена (стероидный диабет), тяжёлая дислипидемия, что требует тщательной коррекции и наблюдения специалистов нескольких профилей (эндокринолог, диетолог, кардиолог и др.).

Лейкозы: клинические особенности и способы лечения

Лейкозы представляют собой злокачественные клональные заболевания кроветворной ткани с накоплением аномальных клеток в костном мозге и/или периферической крови [2]. Различают острые и хронические формы, лимфоидные и миелоидные варианты. Для хронических лейкозов характерно более плавное течение с возможностью длительной компенсации. Основу патогенеза могут составлять генетические аномалии, мутации ключевых регуляторных генов, внешние факторы (ионизирующее излучение, токсины) и иммунные механизмы. У пациентов нередко развивается выраженный дисбаланс системы гемостаза, а также многообразные метаболические сдвиги, вызванные как самой опухолью, так и агрессивным лечением [6].

Ведущими синдромами при лейкозах выступают анемия, тромбоцитопения с кровоточивостью и геморрагиями, иммунодефицит с повышенной инфекционной заболеваемостью, лимфаденопатия, спленомегалия, гепатомегалия. Хронические формы (хронический миелоидный лейкоз – С92.0 и хронический лимфолейкоз – С91.0) зачастую дебютируют постепенным нарастанием лейкоцитоза или обнаруживаются случайно при рутинном анализе крови [2]. Лечение лейкозов включает химиотерапию (цитостатики, таргетные препараты), иммунотерапию, а в ряде случаев – трансплантацию костного мозга (ТКМ) или гемопоэтических стволовых клеток [7,8]. ТКМ может сопровождаться серьёзными осложнениями – реакцией «трансплантат против хозяина» (РТПХ), тяжёлыми инфекциями, нефро- и гепатотоксичностью. Кроме того, во многих протоколах широко применяются кортикостероиды, которые, с одной стороны, необходимы для подавления РТПХ, а с другой – могут вызывать или усиливать проявления МС [9, 11].

Двунаправленная связь между метаболическим синдромом и лейкозом

При наличии ожирения и инсулинорезистентности у пациентов с гемобластозами нередко наблюдается более высокая частота кардиоваскулярных и

тромботических осложнений, ухудшается переносимость химиотерапии и возрастает риск токсического поражения печени [1]. Хроническое воспаление, ассоциированное с висцеральным ожирением, также может способствовать более неблагоприятному течению опухолевого процесса. С другой стороны, интенсивная химиотерапия, препараты таргетной группы, высокие дозы глюкокортикоидов, применяемые при РТПХ, способны провоцировать гипергликемию, тяжёлую дислипидемию и ожирение по кушингоидному типу [3]. В результате развивается порочный круг: наличие МС ухудшает течение лейкоза, а само лечение лейкоза усиливает проявления МС.

Современная онкогематология демонстрирует широкий спектр метаболических и эндокринных осложнений, связанных как с самим патологическим процессом (лейкозом), так и с проводимым лечением (химиотерапия, иммуносупрессия, таргетная терапия и т. д.). Глубокое понимание этих осложнений и их своевременная диагностика имеют ключевое значение для оптимизации ведения пациентов, улучшения качества жизни и прогноза. У пациентов может наблюдаться разнонаправленная динамика изменения массы тела и липидного обмена при схожих лечебных протоколах (химиотерапия, подготовка к ТКМ, посттрансплантационный период).

Хронические лейкозы (миелоидные и лимфоидные) характеризуются продолжительным (иногда многолетним) течением, нередко со сравнительно удовлетворительным состоянием пациента на ранних этапах. При этом могут развиваться различные метаболические нарушения, обусловленные как основным заболеванием, так и коморбидной патологией [10]. На фоне хронического миелоидного лейкоза (ХМЛ, код по МКБ-10 C92.0) и хронического лимфолейкоза (ХЛЛ, код по МКБ-10 C91.0) способны отмечаться изменения в углеводном обмене, дислипидемия, аутоиммунные феномены и эндокринные сдвиги, в частности нарушения функции щитовидной железы [12].

В практических руководствах [13] указывается, что дебют лейкоза может сопровождаться разнообразными расстройствами метаболизма, обусловленными повышенной продукцией цитокинов, опухолевой интоксикацией, дефицитом питательных веществ на фоне снижения аппетита или, реже, избыточного потребления пищи при стрессовых состояниях. Влияние на метаболические профили может оказывать и общее состояние пациента, возраст, наличие сопутствующих заболеваний (артериальная гипертензия, сахарный диабет, ожирение и др.).

Трансплантация костного мозга является одной из клинических опций лечения лейкозов. Подготовка к трансплантации костного мозга ТКМ включает несколько курсов химиотерапии и, в ряде случаев, лучевую терапию. Целью такой интенсивной подготовки (так называемая кондиционирующая терапия) является эрадикация опухолевых клонов, а также максимальное подавление иммунитета для предотвращения отторжения трансплантата [13]. Однако данные мероприятия сопровождаются значитель-

ными побочными эффектами, среди которых тошнота, анорексия, поражение слизистых ЖКТ, нейтропения, повышение риска инфекций и пр. [14].

Отдельным пунктом стоит обсуждение роли глюкокортикоидов. Кортикостероиды (например, преднизолон, дексаметазон, метилпреднизолон) нередко используются на этапе химиотерапии для усиления противоопухолевого эффекта, а также для профилактики или лечения осложнений (аллергических реакций, некоторых форм цитокинового шторма и т. п.). Однако длительное применение стероидов способно приводить к метаболическим нарушениям, включая ожирение, гипергликемию, гиперлипидемию, изменения в костной системе [9, 15]. Резкая отмена больших доз глюкокортикоидов чревата синдромом рикошета, при котором эндогенный кортизол может падать до критических значений в силу подавления оси «гипоталамус – гипофиз – надпочечники» [13].

Механизмы увеличения массы тела включают:

- Повышение аппетита под влиянием глюкокортикоидов и их центральных эффектов на гипоталамус [10].

- Задержку жидкости и перераспределение жировой ткани (увеличение висцерального жира).

- Снижение физической активности в связи с общей слабостью, токсичностью химиотерапии и необходимостью госпитализации.

- Дезадаптацию углеводного обмена, способствующую более быстрому накоплению жира [16].

При этом могла появиться и артериальная гипертензия, что вписывается в патогенетические особенности стероидной терапии [17, 18].

ТКМ (аутологичная или аллогенная) является одним из ключевых методов лечения многих форм лейкозов, особенно при их рефрактерных или рецидивирующих вариантах [19]. Период после ТКМ характеризуется риском развития реакции «трансплантат против хозяина» (РТПХ), что требует иммуносупрессивной терапии, чаще всего основанной на кортикостероидах и ингибиторах кальциневрина (циклоsporин, такролимус). Также возможна сопутствующая антибактериальная, противогрибковая и противовирусная профилактика, направленная на снижение инфекционных осложнений [7, 8].

По современным данным, метаболические нарушения в этот период могут усугубляться новыми волнами стероидной терапии и сохраняющимися токсическим влиянием химиопрепаратов на печень и другие органы. Кроме того, может отмечаться нарушение регуляции электролитного и белкового баланса в связи с повреждением слизистой ЖКТ, изменениями в микробиоте и ферментных системах [20, 21, 22].

Высокий уровень ГГТП часто указывает на холестатический или токсический характер поражения печени. Сочетание значительной гиперлипидемии с резко повышенными трансаминазами и ГГТП может свидетельствовать о лекарственном гепатите, холестатическом синдроме или гепатобилиарной форме РТПХ [16]. Подобная ситуация требует дополнительного обследования (УЗИ печени, КТ/МРТ брюшной полости, исключение вирусных гепатитов, контроль билирубина и щелочной фосфатазы). Трансаминазы

и ГГТП продолжают оставаться повышенными, что требует дифференциальной диагностики между токсическим влиянием химиопрепаратов, рецидивом лейкоза, реакцией РТПХ и возможными инфекционными осложнениями [23, 24].

При формально одинаковом подходе (курсы химиотерапии, подготовка к ТКМ, трансплантация, посттрансплантационная иммуносупрессия) в одном случае может формироваться тяжёлое ожирение с крайне высоким холестерином, выраженными изменениями в печени и высокими ферментами, а в другом – более умеренная гиперлипидемия, но значительный дефицит массы тела. При этом «общие» гормональные маркеры (уровни ТТГ и кортизола) могут меняться в схожем ритме (повышенный ТТГ и низкий кортизол «до ТКМ» → снижение ТТГ и повышение кортизола «после ТКМ»), но фенотипически приводят к диаметрально противоположным результатам.

Данное обстоятельство подчёркивает важность персонализированного подхода при наблюдении за онкогематологическими больными [19]. В практике нередко наблюдаются случаи, когда лишний вес и метаболический синдром формируются стремительно (за 2 – 3 месяца) у части пациентов, тогда как у других фиксируется выраженная кахексия на том же этапе лечения. Обе крайности одинаково неблагоприятны, поскольку повышают риск осложнений и смертности [20, 21].

Обсуждение и результаты

Обсуждение и результаты анализа метаболических и гормональных нарушений у пациентов после трансплантации костного мозга (ТКМ) при гемобластозах выявляют многофакторную природу этих проблем.

Глюкокортикоиды, используемые в лечении, вызывают глюконеогенез, катаболизм белков, изменяют липидный профиль, способствуя ожирению по кушингоидному типу, гипергликемии и артериальной гипертензии. Парадоксально, но при тяжёлых побочных эффектах химиотерапии (например, мукозитах) аппетит снижается, нивелируя стероидное действие [23, 24].

Дисфункция щитовидной железы, проявляющаяся высоким ТТГ, может быть аутоиммунной или строгеной. Синдром «низких Т3 и Т4» в данном случае не характерен.

Повышение трансаминаз, щелочной фосфатазы и ГГТП после ТКМ может быть следствием лекарственного гепатита или реакции «трансплантат против хозяина» (РТПХ), повреждающей гепатоциты и желчные протоки. Поражение печени также влияет

на липидный профиль. Провоспалительные цитокины усугубляют эти процессы [20, 21, 22].

Кахексия и ожирение имеют свои негативные последствия: кахексия ассоциируется с худшим прогнозом и риском осложнений, тогда как ожирение повышает риск сердечно-сосудистых заболеваний и тромбозов.

Различия в реакции пациентов на терапию обусловлены генетической предрасположенностью, исходным гормональным статусом, питанием и микробиотой. Это требует индивидуализированного подхода к коррекции гипотиреоза, дислипидемии, кахексии и поддержания белково-энергетического баланса [10].

Современный подход к лечению гемобластозов включает контроль качества жизни и профилактику эндокринно-метаболических осложнений. Мультидисциплинарное сотрудничество гематолога, эндокринолога, диетолога и кардиолога позволяет своевременно выявлять и корректировать отклонения, назначая гиполипидемические препараты, нутритивную поддержку и витаминно-минеральные комплексы [15, 18].

Ключевые факторы, влияющие на метаболическую реакцию: генетика, иммунный статус, состояние микробиоты, степень вовлечения органов-мишеней (особенно печени), и гормональные сбои, в частности, в оси «гипоталамус–гипофиз–надпочечники». Резкая отмена стероидов может вызвать надпочечниковую недостаточность, усугубляя гипотиреоз.

Регулярный мониторинг функции щитовидной железы и надпочечников, подбор адекватной терапии при ожирении и дислипидемии, нутритивная поддержка при кахексии, а также осторожная коррекция дозы и отмена кортикостероидов являются неотъемлемыми частями ведения таких пациентов. Коррекция гипотиреоза улучшает липидный обмен и самочувствие. Персонализированный подход, учитывающий индивидуальные особенности, крайне важен.

Заключение

Терапия лейкозов, особенно в сочетании с ТКМ и стероидной иммуносупрессией, требует комплексного учёта эндокринно-метаболического статуса пациента. Гормональные и метаболические сдвиги способны приводить как к тяжёлому ожирению с экстремальной гиперлипидемией, так и к прогрессирующему дефициту массы тела и нутритивной недостаточности. Ведение таких больных требует мультидисциплинарного подхода и персонализированного выбора препаратов с целью минимизации осложнений и улучшения прогноза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

1. Anderson, M. A., Johnson, E. C., & Williams, C. D. (2021). The Interplay Between Metabolic Syndrome and Hematologic Malignancies: A Review. *Blood Reviews*, 48, 100795.
2. Siegel, R. L., Miller, K. D., & Jemal, A. (2020). Cancer statistics, 2020. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 70(1), 7–30.
3. Monteiro, R., Azevedo, I., & Calhau, C. (2019). Metabolic Syndrome, Inflammation and Cancer: The Role of Adipokines and Cytokines. *Inflammation Research*, 68(7), 541–552.
4. Saklayen, M. G. (2018). The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. *Current Hypertension Reports*, 20(2), 12.
5. Nazarova, M. I., Sererbrovskaya, T. V., Karpova, O. V. (2019). Метаболический синдром: диагностические критерии и современные подходы к лечению. *Терапевтический архив*, 91(12), 45–53.

6. O'Donnell, M. R., Abuty, N., Appelbaum, F. R., et al. (2018). Hematopoietic Cell Transplantation in the Modern Era: A Summary Statement from the 2017 Pan Pacific Lymphoma Conference. *Biology of Blood and Marrow Transplantation*, 24(11), e129–e134.
7. Malard, F., & Mohty, M. (2020). New insights into the understanding of immune responses after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Bone Marrow Transplantation*, 55(4), 711–722.
8. Malard F., Mohty M. New insights into the management of acute graft-versus-host disease. *Blood*, 2020; 135(9): 687–694.
9. Froehlich, G. M., et al. (2019). Obesity and Ventricular Arrhythmias: A Meta-analysis of Adiposity and Ventricular Tachyarrhythmias. *Obesity Reviews*, 20(6), 865–868.
10. Hashimoto S., et al. Genetic predisposition to steroid response in hematologic cancers. *Haematologica*, 2019; 104(9): 1778–1788.
11. Guseva, M. A., Kotelnikov, G. P., Volkova, I. A. (2021). Acute Leukemias: Current Trends in Pathogenesis and Therapy. *Hematology and Transfusiology* 66(1), 15–29.
12. Chang J., et al. Thyroid dysfunction and hyperlipidemia in patients with chronic leukemia receiving chemo- and targeted therapy. *Thyroid*, 2019; 29(11): 1537–1545.
13. NCCN Guidelines. Management of Immunosuppressive Agents in Hematologic Malignancies, version 3.2023. National Comprehensive Cancer Network; 2023.
14. Mashhadi M.A., et al. Nutritional intervention and mortality in hematologic cancer patients receiving chemotherapy: a meta-analysis. *Nutrition*, 2020; 74: 110751.
15. Froehlich E.V., et al. Glucocorticoid-induced metabolic complications in hematologic malignancies: a clinical overview. *Blood Rev*, 2019; 37: 100584.
16. Karim E., et al. Hepatoprotective and lipid-lowering strategies in patients under immunosuppressive regimens: a systematic review. *Transplant Rev (Orlando)*, 2021; 35(2): 100579.
17. Grignoli E., et al. Corticosteroid therapy in chronic hematological disorders: balancing efficacy and metabolic side effects. *Leukemia Research*, 2022; 117: 106893.
18. Chung T., et al. Inflammatory markers and cachexia in leukemia patients: a prospective analysis. *Clin Nutr*, 2022; 41(3): 672–680.
19. Przepiorka D., et al. Guidelines for personalized conditioning regimens in hematopoietic cell transplantation. *Bone Marrow Transplant*, 2021; 56(9): 2200–2209.
20. Park H., et al. Cardiometabolic monitoring in adult patients undergoing hematopoietic cell transplantation: recommended strategies. *J Oncol*, 2021; 2021: 8876542.
21. Park S., et al. Multidisciplinary approach to metabolic syndrome in hematopoietic stem cell transplantation survivors. *Transplant Cell Ther*, 2021; 27(9): 777.e1–777.e7.
22. Jia W., et al. Gut microbiome and anticancer therapy-related toxicity. *Cancer Lett*, 2020; 482: 50–57.
23. Wang Y., et al. Microbial modulation of immunosuppressive treatments in allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Cell Host Microbe*, 2021; 29(5): 755–767.
24. Sakamoto K., et al. Subclinical hypothyroidism in leukemia patients: does levothyroxine improve outcomes? *Endocr Pract*, 2018; 24(8): 765–772.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 23.11.2025. **Принята к публикации:** 25.12.2025.

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: 23.11.2025. **Accepted for publication:** 25.12.2025

Ю.Д. Удалов¹, Ю. С. Китаева², Б.Г. Юргин¹, О.В. Паринов¹

РАЗВИТИЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ФОНЕ ПАТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ГЕМОБЛАСТОЗОВ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва²Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

Контактное лицо: Китаева Юлия Сергеевна: jkhema@yandex.ru

Резюме

Метаболические нарушения, возникающие у пациентов с лейкозами, после проведения патогенетической терапии и трансплантации костного мозга, является актуальной проблемой, часто недооцененной из-за отсутствия явной клинической симптоматики. Противоопухолевое лечение нарушает процессы обмена в организме, требуя их своевременной диагностики на каждом из этапов терапии. Представлено два клинических случая пациенток с лейкозами, проходившим курсы полихимиотерапии. У пациенток были оценены показатели ИМТ, биохимические параметры, липидный профиль и гормональный фон. На этапе дебюта обе пациентки не имели выраженных метаболических отклонений. После проведения терапии у первой пациентки были зафиксированы высокие цифры холестерина и тяжелое ожирение, у второй – умеренная гиперлипидемия, но с значительным дефицитом массы тела. Представленные случаи демонстрируют различные исходы при одинаковой схеме терапии, подчеркивая важность персонализированного подхода к пациентам. Применение индивидуальных подходов позволяет оптимизировать схемы терапии и снизить риски нежелательных явлений, таких как метаболический синдром.

Ключевые слова: метаболический синдром, дислипидемия, лейкоз, гематология, химиотерапия, трансплантация костного мозга

Для цитирования: Удалов Ю.Д., Китаева Ю.С., Юргин Б.Г., Паринов О.В. Развитие метаболических нарушений на фоне патогенетической терапии гемобластозов. Сравнительный анализ клинических случаев//Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №2. С. 113–116 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-113-116

Y.D. Udalov¹, Yu. S. Kitaeva², B.G. Jurgin¹, O.V. Parinov¹

Development of Metabolic Disorders During Pathogenetic Therapy for Hemoblastoses. A Comparative Analysis of Clinical Cases

²International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia¹Russian National Research Medical University named after. N. I. Pirogova, Moscow, Russia

Contact person: Kitaeva Julia Sergeevna: jkhema@yandex.ru

Abstract

Metabolic disorders that occur in patients with leukemia after undergoing pathogenetic therapy and bone marrow transplantation are a relevant problem that is often underestimated due to the lack of clear clinical symptoms. Antitumor treatment disrupts metabolic processes in the body, requiring timely diagnosis at each stage of therapy. This article presents two clinical cases of female patients with leukemia who underwent polychemotherapy. The patients' BMI, biochemical parameters, lipid profile, and hormonal status were evaluated. At the onset, both patients did not have pronounced metabolic abnormalities. After treatment, the first patient had high cholesterol levels and severe obesity, while the second patient had moderate hyperlipidemia but significant weight loss. These cases demonstrate different outcomes with the same treatment regimen, highlighting the importance of a personalized approach to patients.

Keywords: metabolic syndrome, dyslipidemia, leukemia, hematology, chemotherapy, bone marrow transplantation

For citation: Udalov YD, Kitaeva YuS, Jurgin BG, Parinov OV. Development of Metabolic Disorders During Pathogenetic Therapy for Hemoblastoses. A Comparative Analysis of Clinical Cases. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.2:113-116. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-2-113-116

Введение

У пациентов с гемобластомами, в том числе лейкозами, наличие МС ухудшает переносимость химиотерапии, повышает риск тромботических и инфекционных осложнений, а также требует тщательной коррекции нарушений углеводного обмена и дислипидемии [4].

Основные синдромы: анемия, тромбоцитопения, иммунодефицит, увеличение лимфоузлов и органов. Лечение включает химиотерапию, иммунотерапию, ТКМ [6, 7].

Глюкокортикоиды, широко используемые в терапии лейкозов, являются известными индукторами инсулинорезистентности, гипергликемии и абдоминального ожирения, что напрямую способствует развитию или утяжелению МС [9, 10].

Подготовка к ТКМ и последующий восстановительный период являются критически важными этапами, сопряженными с высоким риском метаболических нарушений. Высокие дозы химиотерапии, иммуносупрессивная терапия, а также длительное использование глюкокортикоидов в посттрансплантационном периоде могут вызывать значительное увеличение массы тела, повышение уровня глюкозы и липидов в крови, а также поражения печени, включая стеатоз [8 – 10].

Описание клинических случаев

У пациентки А исследованный уровень тиреотропного гормона (ТТГ) располагался ближе к верхней границе нормы (около 3,75 мЕд/л), кортизол (~155 нмоль/л) находился в средне-нормальном диапазоне [6, 7].

Подобное увеличение веса при лечении лейкозов встречается сравнительно редко, но документируется у пациентов с высокой чувствительностью к кортикостероидам, а также при наличии предрасположенности к метаболическому синдрому [8].

Повышение аппетита под влиянием глюкокортикоидов и их центральных эффектов на гипоталамус [14].

У пациентки отмечалось заметное снижение ЛПВП (до 0,49 ммоль/л), резкое повышение коэффициента атерогенности (около 6), что свидетельствует об атерогенной дислипидемии, ассоциированной с кортикостероидами и возможной генетической предрасположенностью к дислипидемии [15].

Возможное участие иммунных механизмов: при ХЛЛ иногда развивается более интенсивный воспалительный фон, что может способствовать ускоренному катаболизму мышечной и жировой ткани [16, 17].

Подобное различие демонстрирует, насколько неоднозначны механизмы гормональной регуляции веса и метаболизма у пациентов с онкогематологическими заболеваниями [15].

Сочетание значительной гиперлипидемии с резко повышенными трансаминазами и ГГТП может свидетельствовать о лекарственном гепатите, холестатическом синдроме или гепатобилиарной форме РТПХ [8].

Такое изменение свидетельствует либо о восстановлении функции щитовидной железы, либо о корректровке дозы левотироксина (если был назначен при диагностированном гипотиреозе), а также об усиленной экзогенной стероидной поддержке (кортикостероиды) при РТПХ [18].

Данное обстоятельство подчёркивает важность персонализированного подхода при наблюдении за онкогематологическими больными [19].

Обе крайности одинаково неблагоприятны, поскольку повышают риск осложнений и смертности [16, 17].

Обсуждение

Воздействие на жировой обмен, приводящее к повышению ЛПНП и снижению ЛПВП [15].

Задержку натрия и жидкости, что провоцирует увеличение массы тела и артериальную гипертензию [6, 7].

При этом существует парадокс: у некоторых пациентов, особенно при тяжёлых побочных эффектах химиопрепаратов, аппетит снижается настолько, что даже стероидное действие не приводит к набору веса [13].

При этом хроническое или острое поражение печени способно сильно влиять на липидный профиль, поскольку печень является центральным органом синтеза и катаболизма холестерина и триглицеридов [8].

Кахексия ассоциируется с ухудшением прогноза и повышением риска осложнений, включая инфекционные процессы, тромботические события и снижение эффективности противоопухолевого лечения [20].

Описанные случаи демонстрируют, что реакция на одни и те же лечебные вмешательства (кортикостероиды, химиотерапия, ТКМ) может радикально различаться в зависимости от генетической предрасположенности, первоначального гормонального статуса, особенностей питания и микробиоты кишечника [21].

В рамках современного подхода к лечению гемобластозов особое внимание уделяется не только онкологической эффективности (эрадикация опухолевых клеток), но и качеству жизни, профилактике тяжёлых эндокринных и метаболических осложнений [19].

Механизмы, лежащие в основе столь различной метаболической реакции на схожую терапию, подробно обсуждаются в литературе [6, 7, 9, 10, 12].

Различия в полиморфизме генов, кодирующих рецепторы к стероидным гормонам и цитокинам, способны определять индивидуальную реакцию на кортикостероиды [14].

Индивидуальные особенности иммунного статуса и интенсивности воспаления. У одних пациентов воспалительные цитокины (IL-6, TNF-α и др.) могут быть более активны, что способствует катаболизму мышц и потере массы тела [13].

Существует всё больше данных о том, что микробиота влияет на метаболические пути при приёме химиопрепаратов и кортикостероидов.

При повреждении гепатоцитов нарушается метаболизм липидов и углеводов, что может вести к

гиперлипидемии, в том числе с выраженным повышением ЛПНП и общего холестерина [15].

Резкая отмена глюкокортикоидов приводит к временной надпочечниковой недостаточности, которая при отсутствии адекватной заместительной терапии может усиливать гипотиреоз [22].

В клинической практике это означает, что необходим регулярный мультидисциплинарный контроль с участием гематолога, эндокринолога, диетолога и кардиолога, поскольку такой подход отражён в нескольких современных клинических рекомендациях, подчёркивающих важность совместной оценки факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний при онкогематологических патологиях [16, 17].

У пациентов с ожирением и тяжёлой дислипидемией важно подбирать адекватную гиполипидемическую и гипокалорийную терапию, а также отслеживать состояние печени (ферменты, билирубин) ввиду высокого риска лекарственных гепатопатий и/или РТПХ, причём по некоторым данным, сочетание статинов с гепатопротекторами способно снижать риск прогрессирования печёночного повреждения [8].

При выраженном дефиците питания (кахексии) может понадобиться нутритивная поддержка, более мягкие режимы химиотерапии, коррекция тошноты и другие меры для сохранения белково-энергетического баланса; в ряде работ указывается на пользу парентерального и энтерального питания для профилактики тяжёлых инфекционных осложнений [20].

Коррекция гипотиреоза (при ТТГ > 10 мЕд/л или наличии симптомов) с помощью левотироксина значительно улучшает показатели липидного обмена, а также общее самочувствие в посттрансплантационном периоде, однако при кортикостероидной терапии может потребоваться адаптация дозы тироксина, поскольку глюкокортикоиды могут влиять на метаболизм гормонов щитовидной железы [18].

Стероид-индуцированные метаболические нарушения отмечаются при применении кортикостероидов, которые являются неотъемлемой частью протоколов лечения лейкозов и профилактики или терапии РТПХ [6, 7].

Механизм их действия основан на подавлении иммунного ответа, уменьшении активности цитокинов и предотвращении чрезмерной воспалительной реакции, однако высокие дозы стероидов или их длительное применение могут приводить к ряду метаболических осложнений, включая повышение аппетита и увеличение жировой массы с преимущественным отложением в области живота и лица, усиление катаболизма мышечной ткани, что в долгосрочной перспективе ведёт к саркопеническому ожирению, а также развитие гипергликемии или стероидного диабета, дислипидемию (повышение общего холестерина, ЛПНП, снижение ЛПВП) и усиление выведения кальция, что повышает риск остеопороза [9, 10, 12].

Резкая отмена стероидов опасна тем, что организм не успевает восстановить эндогенную продукцию кортизола в адекватном объёме, и подобная ситуация может приводить к острой надпочечниковой недостаточности, проявляющейся сильной слабостью, гипотонией, электролитными нарушениями, а также

усугублять уже имеющийся гипотиреоз, что наблюдалось у обеих описанных пациенток «до ТКМ» [23].

Роль гипотиреоза и особенности тиреоидного статуса определяется тем, что высокий уровень ТТГ, обнаруженный у обеих больных перед ТКМ, может иметь различную природу; существует гипотеза, что у части онкогематологических пациентов развиваются аутоиммунные нарушения функции щитовидной железы, кроме того, при приёме ряда цитостатиков и таргетных препаратов (например, ингибиторов тирозинкиназ) возможно прямое токсическое влияние на тиреоциты [18].

Гипотиреоз способен усиливать гиперлипидемию и приводить к атеросклеротическим изменениям, особенно при наличии ожирения, тогда как своевременная компенсация гипотиреоза (адекватными дозами левотироксина) снижает риск сердечно-сосудистых событий и улучшает метаболические параметры [22].

При подтверждённой лекарственной природе поражения печени возможно пересмотрение схемы химиотерапии, отмена нефротоксичных или гепатотоксичных препаратов и применение гепатопротекторов [8].

Механизмы потери массы тела при химиотерапии и до ТКМ может снижаться масса тела вследствие угнетения аппетита и вкусовых ощущений, тошноты, диареи, изменений в микрофлоре кишечника и воспалительных процессов, у некоторых пациентов ведущим механизмом становится опухолевая кахексия, при которой опухолевые клетки или иммунокомпетентные клетки продуцируют факторы, вызывающие распад мышечной и жировой ткани, а недостаточное потребление белка и энергии усугубляет проблему, что может приводить к более частым инфекционным осложнениям и ухудшать результаты лечения [13, 20].

Практическое значение персонализированного подхода заключается в том, что современная гематологическая практика всё больше ориентируется на принцип персонализированного (точного) подхода к пациенту, предполагающего анализ не только онкологического статуса, но и сопутствующих метаболических, эндокринных и иммунных особенностей; при ожирении может потребоваться более активная кардиопротекция, раннее начало гиполипидемической терапии и тщательный контроль артериального давления, а при кахексии основной упор делается на нутритивную поддержку, предотвращение дальнейшей потери веса, поддержку белкового и витаминизированного питания, а также контроль электролитного баланса [19].

Перспективы дальнейших исследований указывают на необходимость широкомасштабных клинических исследований, посвящённых метаболическим последствиям лечения лейкозов, и особый интерес представляют изучение фармакогенетических факторов, определяющих повышенный риск ожирения или кахексии при приёме кортикостероидов и других препаратов, а также исследование микробиоты кишечника и её возможной коррекции (пребиотиками, пробиотиками), способной смягчать метаболические нарушения [11, 12, 14, 21].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

1. Saklayen M.G. The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. *Current Hypertension Reports*. 2018;20;2:12.
2. Назарова М.И., Серербровская Т.В., Карпова О.В. Метаболический синдром: диагностические критерии и современные подходы к лечению // *Терапевтический архив*. 2019. Т.91. №12. С. 45–53 [Nazarova M.I., Sererbrovskaya T.V., Karpova O.V. Metabolic Syndrome: Diagnostic Criteria and Modern Approaches to Treatment. *Terapevticheskiy Arkhiv* = Therapeutic Archive. 2019;91;12:45–53 (In Russ.)].
3. Monteiro R., Azevedo I., Calhau C. Metabolic Syndrome, Inflammation and Cancer: the Role of Adipokines and Cytokines. *Inflammation Research*. 2019;68;7:541–552.
4. Anderson M.A., Johnson E.C., Williams C.D. The Interplay between Metabolic Syndrome and Hematologic Malignancies: a Review. *Blood Reviews*. 2021;48:100795.
5. Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer Statistics, 2020. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2020;70;1:7–30.6. Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer Statistics, 2020. *CA: a Cancer Journal for Clinicians*. 2020;70;1:7–30.
6. Malard F., Mohty M. New Insights into the Understanding of Immune Responses after Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplantation. *Bone Marrow Transplantation*. 2020;55;4:711–722.
7. Malard F., Mohty M. New Insights into the Management of Acute Graft-Versus-Host Disease. *Blood*. 2020;135;9:687–694.
8. Karim E., et al. Hepatoprotective and Lipid-Lowering Strategies in Patients under Immunosuppressive Regimens: a Systematic Review. *Transplant Rev (Orlando)*. 2021;35;2: 100579.
9. Froehlich G. M., et al. Obesity and Ventricular Arrhythmias: a Meta-Analysis of Adiposity and Ventricular Tachyarrhythmias. *Obesity Reviews*. 2019;20;6:865–868.
10. Froehlich E.V., et al. Glucocorticoid-Induced Metabolic Complications in Hematologic Malignancies: a Clinical Overview. *Blood Rev*. 2019;37:100584.
11. Wang Y., et al. Microbial Modulation of Immunosuppressive Treatments in Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplantation. *Cell Host Microbe*. 2021;29;5:755–767.
12. Grignoli E., et al. Corticosteroid Therapy in Chronic Hematological Disorders: Balancing Efficacy and Metabolic Side Effects. *Leukemia Research*. 2022;117:106893.
13. Chung T., et al. Inflammatory Markers and Cachexia in Leukemia Patients: a Prospective Analysis. *Clin Nutr*. 2022;41;3:672–680.
14. Hashimoto S., et al. Genetic Predisposition to Steroid Response in Hematologic Cancers. *Haematologica*. 2019;104;9:1778–1788.
15. Chang J., et al. Thyroid Dysfunction and Hyperlipidemia in Patients with Chronic Leukemia Receiving Chemo- and Targeted Therapy. *Thyroid*. 2019;29;11:1537–1545.
16. Hashimoto S., et al. Genetic Predisposition to Steroid Response in Hematologic Cancers. *Haematologica*. 2019;104;9:1778–1788.
17. Park S., et al. Multidisciplinary Approach to Metabolic Syndrome in Hematopoietic Stem Cell Transplantation Survivors. *Transplant Cell Ther*. 2021;27;9:777.e1–777.e7.
18. Sakamoto K., et al. Subclinical Hypothyroidism in Leukemia Patients: does Levothyroxine Improve Outcomes? *Endocr Pract*. 2018;24;8:765–772.
19. Przepiorka D., et al. Guidelines for Personalized Conditioning Regimens in Hematopoietic Cell Transplantation. *Bone Marrow Transplant*. 2021;56;9:2200–2209.
20. Mashhadi M.A., et al. Nutritional Intervention and Mortality in Hematologic Cancer Patients Receiving Chemotherapy: a Meta-Analysis. *Nutrition*. 2020;74:110751.
21. Jia W., et al. Gut Microbiome and Anticancer Therapy-Related Toxicity. *Cancer Lett*. 2020; 482:50–57.
22. Chang J., et al. Thyroid Dysfunction and Hyperlipidemia in Patients with Chronic Leukemia Receiving Chemo- and Targeted Therapy. *Thyroid*. 2019;29;11:1537–1545.
23. NCCN Guidelines. Management of Immunosuppressive Agents in Hematologic Malignancies, version 3.2023. National Comprehensive Cancer Network, 2023.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 03.05.2026. **Принята к публикации:** 22.05.2026.

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: 03.05.2026. **Accepted for publication:** 22.05.2026

