

## ПРИМЕНЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА НИЖНЮЮ ЧАСТЬ ТЕЛА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА В КЛИНИЧЕСКОЙ, ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ

<sup>1</sup>А. Ю. Шитов\*, <sup>1</sup>Д. П. Зверев, <sup>1</sup>А. А. Мясников, <sup>1</sup>И. Р. Кленков, <sup>1,2</sup>А. Н. Андрусенко,

<sup>1</sup>З. М. Исафилов, <sup>1</sup>С. П. Колчанов

<sup>1</sup>Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины ФМБА России, Санкт-Петербург, Россия

**ВЕДЕНИЕ.** Среди методов гипобарической баротерапии особое место занимает локальная декомпрессия (ЛОД), при которой на организм осуществляется воздействие пневматическими импульсами избыточного отрицательного давления. В обзоре представлены физиологические механизмы и клинические результаты воздействия ЛОД на нижнюю часть тела. Известна высокая эффективность ЛОД в комплексной терапии различной костно-суставной патологии, расстройств микроциркуляции, профилактики нарушений течения беременности, детоксикации организма и т. д. Несмотря на доказанную высокую эффективность ЛОД в комплексной терапии и профилактике различных состояний и заболеваний, ее лечебный и профилактический потенциал в области экстремальной и в первую очередь водолазной медицины раскрыт еще недостаточно.

**ЦЕЛЬ.** Определить перспективы применения локальной декомпрессии нижней части тела для повышения устойчивости водолазов к неблагоприятным факторам гипербарии и профилактики водолазных заболеваний.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Проведен обзор работ из наукометрических баз данных и библиотечных фондов. Анализ литературных источников выполнен по ключевым словам и различным последовательностям их сочетаний на русском и английском языках. Отобрано 94 литературных источника за 1959–2023 гг., из которых в обзор было включено 59 работ. Из включенных в обзор работ 70 % были изданы в течение последних двадцати лет, 30 % работ – в течение последних десяти лет.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Физиологическое обоснование механизмов применения ЛОД основывается на растяжении (увеличение длины) сосудов. Было доказано наличие сильной прямой корреляционной связи между нарастанием трансмурального давления в сосудах и величиной снижения давления в барокамере при ЛОД. В космической медицине применяется отрицательное давление на нижнюю часть тела, показавшее свою эффективность как в качестве диагностического, так и в качестве профилактического средства при действии неблагоприятных факторов орбитального полета. Использование ЛОД в спортивной медицине позволяет повысить физическую работоспособность спортсменов. Высокая эффективность ЛОД продемонстрирована в комплексной терапии различной костно-суставной патологии, расстройств микроциркуляции, профилактики нарушений течения беременности и детоксикации организма. В ветеринарной медицине отмечается высокая эффективность ЛОД в комплексном лечении переломов костей, неврологических расстройств и нарушений периферического кровообращения у домашних животных.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** В большинстве проанализированных работ содержится информация о прямых и рефлекторных механизмах действия ЛОД на ткани организма. К прямым механизмам действия ЛОД можно отнести увеличение трансмурального давления в поверхностных венах, а также повышение их емкости и кровенаполнения. Все остальные механизмы действия ЛОД, на наш взгляд, можно отнести к рефлекторным: незначительное изменение центральной гемодинамики, усиление обмена веществ на самых различных уровнях и повышение физической работоспособности человека.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Проведенный анализ литературы указывает на достаточную эффективность использования ЛОД в различных областях клинической медицины и ветеринарии. В то же время в области водолазной медицины высокий потенциал ЛОД раскрыт недостаточно. Тем не менее представляется, что ЛОД в области водолазной медицины можно использовать с диагностической, профилактической и лечебной целями.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, водолаз, космонавт, локальная декомпрессия, отрицательное давление на нижнюю часть тела, водно-электролитный обмен, декомпрессионная болезнь, гипоксическая гипоксия, токсическое действие кислорода, токсическое действие азота, обзор

\*Для корреспонденции: Шитов Арсений Юрьевич, e-mail: arseniyshitov@mail.ru

\*For correspondence: Arseniy Yu. Shitov, e-mail: arseniyshitov@mail.ru

Для цитирования: Шитов А. Ю., Зверев Д. П., Мясников А. А., Кленков И. Р., Андрусенко А. Н., Исрафилов З. М., Колчанов С. П. Применение отрицательного давления на нижнюю часть тела для исследования и коррекции функций организма в клинической, экстремальной и экспериментальной медицине // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 1. С. 27–45, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-27-45>; EDN: <https://eLibrary.ru/DLYYIN>

For citation: Shitov A. Yu., Zverev D. P., Myasnikov A. A., Klenkov I. R., Andrusenko A. N., Israfilov Z. M., Kolchanov S. P. Application of negative pressure on the lower part of the body for research and correction of body functions in clinical, extreme and experimental medicine // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 27–45, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-27-45>; EDN: <https://eLibrary.ru/DLYYIN>

## APPLICATION OF NEGATIVE PRESSURE ON THE LOWER PART OF THE BODY FOR RESEARCH AND CORRECTION OF BODY FUNCTIONS IN CLINICAL, EXTREME AND EXPERIMENTAL MEDICINE

<sup>1</sup> Arseniy Yu. Shitov\*, <sup>1</sup> Dmitry P. Zverev, <sup>1</sup> Alexey A. Myasnikov, <sup>1</sup> Ilyas R. Klenkov,

<sup>1,2</sup> Andrey N. Andrusenko, <sup>1</sup> Zagir M. Israfilov, <sup>1</sup> Sergey P. Kolchanov

<sup>1</sup> Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Scientific research institute of industrial and marine medicine Federal medical and biological agency, St. Petersburg, Russia

**INTRODUCTION.** Among the methods of hypobaric barotherapy a special place is taken by local decompression (LOD), in which the body is affected by pneumatic pulses of excessive negative pressure. The review presents physiological mechanisms and clinical results of LOD influence on the lower part of the body. High efficiency of LOD in complex therapy of various bone and joint pathologies, microcirculation disorders, prevention of pregnancy disorders, detoxification of the organism, etc. is known. Despite the proven high efficiency of LOD in complex therapy and prevention of various conditions and diseases, its therapeutic and preventive potential in the field of extreme and primarily diving medicine is still insufficiently disclosed.

**OBJECTIVE.** To determine the prospects of applying local decompression of the lower body part to increase the diver's resistance to adverse factors of hyperbaria and prevention of diving diseases.

**MATERIAL AND METHODS.** The review of works from scientometric databases and library collections was carried out. Literature sources were analyzed by key words and various sequences of their combinations in Russian and English. We selected 94 literary sources for 1959–2023, of which 59 works were included in the review. Of the works included in the review, 70% have been published within the last twenty years, 30% of the works – within the last ten years.

**RESULTS.** Physiological justification of LOD application mechanisms is based on the stretching (increase in length) of vessels. It was proven that there is a strong direct correlation between the increase of transmural pressure in vessels and the amount of pressure reduction in the barocamera during LOD. In space medicine negative pressure on the lower part of the body is used, which has shown its effectiveness both as a diagnostic and as a prophylactic means in the action of unfavorable factors of orbital flight. The use of LOD in sports medicine allows to increase the physical performance of athletes. High efficiency of LOD is demonstrated in the complex therapy of various bone and joint pathology, microcirculation disorders, prevention of pregnancy disorders and detoxification of the body. In veterinary medicine high efficiency of LOD is noted in complex treatment of bone fractures, neurological disorders and peripheral circulation disorders in domestic animals.

**DISCUSSION.** Most of the analyzed works contain information about direct and reflex mechanisms of LOD action on body tissues. To direct mechanisms of LOD action we can refer the increase of transmural pressure in superficial veins, and also increase of their capacity and blood filling. All other mechanisms of LOD action, in our opinion, can be referred to reflex mechanisms: insignificant change of central hemodynamics, increase of metabolism on the most different levels and increase of physical efficiency of the person.

**CONCLUSION.** The conducted literature analysis indicates sufficient efficiency of LOD use in various fields of clinical medicine and veterinary medicine. At the same time, the high potential of LOD in the field of diving medicine is not sufficiently disclosed. Nevertheless, it seems that LOD in the field of diving medicine can be used for diagnostic, prophylactic and therapeutic purposes.

**KEYWORDS:** marine medicine, diver, astronaut, local decompression, negative lower body pressure, water-electrolyte metabolism, decompression sickness, hypoxic hypoxia, toxic effect of oxygen, toxic effect of nitrogen, review

**Введение.** Среди методов гипобарической баротерапии особое место занимает локальная декомпрессия (ЛОД), при которой на организм осуществляется воздействие пневматическими импульсами избыточного отрицательного давления. Эти импульсы воздействуют на раз-

личные и, как правило, отдельные (локальные) участки тела человека или животного с различными временными интервалами и градиентами давлений. Наиболее древним (тем не менее дошедшим до наших дней), но широко известным из этих методов является использование медицинских банок [1, 2].

В обзоре будут представлены физиологические механизмы и клинические результаты воздействия ЛОД на нижнюю часть тела. За счет возникающего в бароаппарате разряжения усиливается приток крови к нижним конечностям, органам малого таза и брюшной полости. Другие механизмы ЛОД работают за счет рефлекторного снижения тонуса периферических сосудов, улучшения реологических свойств крови вследствие уменьшения агрегационных свойств форменных элементов крови и активизации микроциркуляции [2–5]. Эти механизмы актуальны для профилактики состояний, возникающих в различных областях экстремальной деятельности человека, например, подводных погружений и космических полетов. При этом, если в области космической медицины для профилактики неблагоприятных эффектов микрогравитации широко применяется методика отрицательного давления на нижнюю часть тела (ОДНТ), схожая по механизмам действия и являющаяся в этом плане «старшим братом» ЛОД, то в сфере водолазной медицины исследования по использованию ЛОД носят единичный и разрозненный характер [6, 7].

Известна высокая эффективность ЛОД в комплексной терапии различной костно-суставной патологии, расстройств микроциркуляции, профилактики нарушений течения беременности, детоксикации организма и т. д. В спортивной медицине ЛОД давно и с определенным успехом применяется для повышения физической работоспособности. При этом особую эффективность, за счет оптимизации потребления кислорода работающими мышцами, воздействие ЛОД показало при ритмичных динамических физических нагрузках средней интенсивности [4].

Используется ЛОД и в ветеринарной медицине. Так, отмечается высокая эффективность ЛОД в комплексном лечении переломов костей, неврологических расстройств и нарушений периферического кровообращения у домашних животных многих видов независимо от причин таких расстройств [1].

Локальную декомпрессию отдельных участков тела или всей нижней части тела осуществляют с использованием бароаппаратов, которые генерируют пневматические импульсы избыточного пониженного давления. Эти воздействия могут осуществляться на отдельные конечности с помощью известных барокамер В. А. Кравченко [8]. Бароаппараты, которые в настоящее время используются для проведения ЛОД, позволяют формировать цепочки пневмоимпульсов с максимальным давлением, не превышающим 0,18 МПа и диапазоном до 4,5 кПа [8].

При этом, несмотря на доказанную высокую эффективность ЛОД в комплексной терапии и профилактике различных состояний и заболеваний, ее лечебный и профилактический потенциалы в области экстремальной и в первую очередь водолазной медицины раскрыты еще недостаточно. На возможную эффективность применения ЛОД в области профилактики специфических и неспецифических водолазных заболеваний указывают физиологические механизмы ее действия:

- усиление и экономизация обмена веществ на уровне микрососудов (капилляров), наиболее выраженные на границе раздела сред капилляр – ткань [1];
- усиление скорости кровотока в микрососудах, раскрытие (увеличение длины, диаметра) и повышение гидростатического давления в них [3, 9];
- увеличение гиперемии и повышение оксигенации тканей [3, 9];
- увеличение скорости потребления кислорода тканями без увеличения объема крови, протекающей по сосудам и без увеличения выработки диоксида углерода этими тканями [3, 4, 10];
- увеличение проницаемости гистогематического барьера для кислорода [1];
- устранение спазма артериол и стимуляция трансапиллярного перехода жидкостей [1].

С точки зрения гипербарической физиологии и водолазной медицины актуальным является дополнительное раскрытие микрососудов и усиление кровотока в них. Васкуляризация тканей микрососудами является основой не только адекватного регулирования кислородного гомеостаза, но оптимального насыщения тканей от индифферентного газа с целью профилактики декомпрессионной болезни

у водолазов [11]. Кроме того, правильная регуляция кислородного гомеостаза за счет модификации работы микрососудов может служить основой профилактики токсического действия кислорода (ТДК) на организм [12, 13].

Работами последних лет подтверждается связь уровня микроциркуляции в тканях с устойчивостью организма к токсическому действию азота (ТДА), возникающему при подводных погружениях, что может указывать на перспективность повышения устойчивости водолазов и к этому неблагоприятному фактору гипербарии за счет воздействия на микрососудистое русло [14, 15]. Было выявлено, что при тяжелой физической работе, осуществляемой после проведения ЛОД, мышце для осуществления работы заданной мощности требуется меньше кислорода, что актуально для специалистов моторно-волевого профиля деятельности, осуществляющих свою работу в условиях гипоксической гипоксии [1, 3, 4]. К таким специалистам в полной мере относятся водолазы и акванавты.

**Цель.** Определить перспективы применения локальной декомпрессии нижней части тела для повышения устойчивости водолазов к неблагоприятным факторам гипербарии и профилактики водолазных заболеваний.

**Материалы и методы.** Проведен обзор работ из различных наукометрических баз данных. Сформированы запросы и проанализированы ответы на них (в том числе с использованием алгоритмов искусственного интеллекта), полученные на различных сайтах. Использованы следующие поисковые системы: Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), Роспатент, Электронная библиотечная система (ЭБС), Национальная библиотека Беларуси (НББ), eLibrary.ru, Cochrane, Scopus, Wiley, PubMed, Ulrichsweb, Google Scholar, www.academickeys.com, www.ebsco.com, www.cabi.org, www.wikidata.org, www.mendeley.com, www.research4life.org, www.lens.org, keepers.issn.org, xueshu.baidu.com, OpenCitations.net, unpaywall.org, na.NEICON.ru. Для подготовки текста и анализа данных применялись алгоритмы искусственного интеллекта, предусмотренные программами: ChatGPT, YandexGPT, автор24, GigaChat, Zaochnik, AiWriteArt, RoboGPT, Gerwin AI, Writesonic, Study24AI, Davinchi, НейроТекстер, Wordify. Анализ литературных источников проводили по ключевым

словам и различным последовательностям их сочетаний на русском и английском языках: водолаз, космонавт, локальная декомпрессия, отрицательное давление на нижнюю часть тела, абдоминальная декомпрессия, декомпрессионная болезнь, токсическое действие кислорода, гипоксическая гипоксия, токсическое действие азота. Кроме этого, авторы проводили анализ публикаций научного фонда фундаментальной библиотеки Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова (Санкт-Петербург). В результате было отобрано 94 литературных источника за 1959–2023 гг., из которых в обзор было включено 59 работ, соответствовавших критериям включения и исключения. При этом из включенных в обзор работ не менее 70 % были изданы в течение последних двадцати лет, не менее 30 % работ – в течение последних десяти лет. Критериями включения в данный обзор работ служило их соответствие предъявляемым требованиям в части, касающейся времени издания. Включение в данный научный обзор отдельных работ, вышедших в печать более двадцати лет назад (не более 30 %), допускалось в случае, если это были обзоры литературы по проблеме или данные экспериментальных работ.

**Результаты.** Физиологическое обоснование механизмов применения ЛОД. Растяжение (увеличение длины) сосудов, происходящее при ЛОД, не является слабым раздражителем для организма. Так, первые экспериментальные исследования с применением ЛОД показали, что местом наиболее эффективного приложения этой методики являлись области организма, в которых внутрисосудистое давление увеличивается уже при постуральных воздействиях обычной интенсивности [1, 3]. Оказалось, что такими областями организма человека будут являться конечности, в особенности нижние, и область живота. Декомпрессия в барокамере именно этих областей организма приводила к снижению объема циркулирующей крови (ОЦК), центрального венозного давления (ЦВД) и давления в легочной артерии (ДЛА). При этом декомпрессия живота в этом плане являлась гораздо более интенсивным воздействием на ОЦК, ЦВД и ДЛА, чем декомпрессия лишь нижних конечностей [16].

Было продемонстрировано, что ЛОД проникает в ткани на глубину не менее 3–5 см и оказывает влияние преимущественно на ве-

нозную часть сосудистого русла, что приводит к увеличению трансмурального давления в поверхностных венах, повышению их емкости и кровенаполнения. Указанные эффекты ЛОД сопровождались увеличением артериовенозной разницы по кислороду [16].

Было доказано наличие сильной прямой корреляционной связи между нарастанием трансмурального давления в сосудах и величиной снижения давления в барокамере при ЛОД. При снижении давления в барокамере сосуды растягиваются и за счет этого увеличивают свой объем. [1, 3, 8]. Таким образом, ЛОД нижней части тела способствует уменьшению спазма сосудов, усилению трофики органов желудочно-кишечного тракта, почек и органов малого таза. Также применение ЛОД приводило к удалению из организма различных токсинов и молекул средней массы (МСМ) за счет воздействия на брыжейку кишечника и почки [17]. При этом в брыжейке кишечника увеличивалось не только количество микрососудов, но и нарастали их емкостные характеристики. Такое состояние сохранялось несколько часов после проведения ЛОД [17]. При ЛОД наибольшее растяжение регистрировали в тех сосудах, которые имели наименьшую толщину стенок, к таким сосудам в первую очередь относятся капилляры и емкостные сосуды. Исследования показали, что в таких сосудах вышеперечисленные эффекты ЛОД могут проявляться даже при незначительном растяжении без значительного нарастания скорости кровотока в них [1, 3].

О возникновении изменений в системном кровообращении при проведении ЛОД (в отличие от ОДНТ) однозначного мнения у исследователей нет. Так, при ЛОД одной из нижних конечностей выявлялось только уменьшение ОЦК, а декомпрессия обеих ног уже снижала систолический и минутный объем крови [1, 3]. В других исследованиях было показано, что ЛОД, изменяя трансмуральное давление, не влияла на центральное кровообращение [16]. Однако при этом в ходе декомпрессии конечностей нередко выявлялись эффекты, напоминающие таковые при ортостатических нагрузках. Это наводит исследователей на мысль о том, что изменения центрального кровообращения под воздействием ЛОД будут определяться в первую очередь областью организма, подвергаемой декомпрессии и устойчивостью организма к ортостазу. При этом начальная величина трансмурально-

го давления и величина разряжения, создаваемого в барокамере, будут иметь второстепенное значение [16].

В большинстве исследований представлены сведения о незначительном росте ЧСС при высокой физической нагрузке, проведенной сразу после сеанса ЛОД. Это может свидетельствовать о переходе организма к более экономному расходованию физиологических резервов, определяемому метаболической перестройкой тканей [1, 3]. Тем более что на метаболическую перестройку деятельности тканей указывает рост щелочного резерва и уменьшение концентрации лактатов в крови [1, 3]. Незначительное нарастание ЧСС после ЛОД, вероятнее всего, будет являться нормальной физиологической реакцией организма на растяжение сосудов, так как имеются данные, определяющие брадикардию (например, при проведении ОДНТ у космонавтов) как признак развивающегося коллапса [1, 3, 16].

Резюмируя вышесказанное, можно утверждать, что повышение физической работоспособности является одним из рефлекторных эффектов ЛОД. При этом повышение физической работоспособности человека является весьма важным, но не основным эффектом ЛОД с точки зрения гипербарической физиологии и водолазной медицины. Основное внимание должно быть направлено на перспективы повышения устойчивости организма к действию неблагоприятных факторов гипербарии за счет действия на сосуды, находящиеся в зоне ЛОД. Применение методики ЛОД с целью интенсификации местного кровообращения имеет значительный потенциал. Кроме того, данная методика позволяет извлечь из крови максимальное количество кислорода и одновременно с этим удалить значительное количество токсинов и недоокисленных продуктов.

Исходя из представленных выше физиологических механизмов, применение ЛОД в водолазной медицине является актуальным, при этом потенциальные возможности методики раскрыты недостаточно, что свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований.

*Применение ЛОД в космической медицине.* Необходимость профилактики отрицательных эффектов микрогравитации заставила исследователей в области космической медицины обратить внимание на методику ОДНТ.

При определенных параметрах ее применения имитировались ускорения различных направлений, действие ортостаза на организм космонавтов и даже тестировалась система кровообращения в плане ее реакции на уменьшение венозного возврата к сердцу [18], связанное с тем, что в условиях невесомости происходит перемещение крови в область головы, и формировался новый гидратационный статус организма, обусловленный гипогидратацией тканей, проявляющийся потерей внеклеточной жидкости [19]. Формирование нового гидратационного статуса у космонавтов служило определенной характеристикой скорости и выраженности адаптационного процесса к условиям микрогравитации. Поэтому перед исследователями стояла задача не только моделирования ситуаций, возникающих при перераспределении крови, но и профилактики проявляющихся при этом неблагоприятных явлений в водно-электролитном обмене. Такое моделирование эффектов невесомости могло достигаться либо нахождением в иммерсионной среде, либо применением методики антиортостатической гипокинезии (АНОГ). В ходе моделирования микрогравитации у испытуемых возникала полиурия и регистрировались потери калия и натрия с мочой [20]. В данных условиях ОДНТ использовали для профилактики неблагоприятных сдвигов водно-электролитного обмена у космонавтов, возникавших в условиях микрогравитации за счет положительного влияния на функции сердечно-сосудистой системы и стимуляции центрального кровообращения [16]. Этот эффект был обусловлен перераспределением крови из грудной клетки, подвергаемой локальной декомпрессии, и депонированием крови в емкостных сосудах живота и нижних конечностей [21].

В космической медицине ОДНТ рассматривается как методика выбора при необходимости создания повышенного трансмурального давления в сосудах нижних конечностей и уменьшения центрального объема крови. Поскольку такие состояния складывались в условиях ортостатической пробы, ОДНТ начали применять для ее имитации у космонавтов [22]. Из-за развития в условиях микрогравитации нарушений водно-электролитного обмена и дегидратации, ОДНТ стали рассматривать в качестве способа их профилактики за счет перераспределения крови в области живота и нижних конечностей.

Это, в свою очередь, приводило к уменьшению перемещения крови в область груди и головы [23].

Наиболее высокой скорости перемещения крови из интраторакальной области в область ног и живота удавалось добиться при незначительных показателях разряжения (около 20–30 мм рт. ст.). В этом случае сосуды органов живота начинали выполнять депонирующую функцию и удерживали в ходе ОДНТ необходимый для реализации эффектов процедуры объем крови. Положительные эффекты ОДНТ проявлялись снижением минутного объема кровообращения (МОК) вследствие уменьшения систолического и диастолического давления [22].

Уже в ходе первых исследований по применению ОДНТ у космонавтов было выявлено, что вены конечностей реагировали на разряжение более выраженно, чем сосуды брюшной полости. Однако в брюшной полости даже такое незначительное растяжение вен приводило к вено-вазомоторным реакциям. В скелетных мышцах были более выражены реакции артериальных сосудов [24].

Важное значение ОДНТ играла при выявлении лиц, предрасположенных к коллапсу в процессе перемещения крови в нижнюю часть тела. Так, при проведении ОДНТ отмечались изменения центральной гемодинамики, которые имели связь со снижением парциального давления кислорода в тканях слизистой оболочки десны. Особенно эти изменения были выражены у лиц с низкой устойчивостью к данной процедуре и склонных к коллапсу [25]. Кроме того, у лиц, склонных к коллапсу, при проведении ОДНТ в вены нижних конечностей перемещалось в несколько раз больше крови, чем у испытуемых, устойчивых к данному воздействию. Было показано, что реакции организма на ОДНТ зависят от растяжимости вен и никак не связаны с растяжимостью органов или мышц [1, 3].

Типичными реакциями организма на ОДНТ следует считать снижение ОЦК, МОК и ЦВД, что является показателями снижения преднагрузки на сердце и центральные сосуды. Из этого следует, что скорость возвращения венозной крови к сердцу будет иметь важнейшее значение в переносимости ОДНТ и способности организма противостоять коллаптоидным реакциям [21]. Следствием недостаточной переносимости ОДНТ может быть возникновение коллапса, которому обычно предшествуют снижение артериального давления (АД), бра-

дикардия и резкое ограничение афферентной импульсации от механорецепторов сосудов и сердца к вазомоторным центрам. Поэтому при отборе космонавтов повышенное внимание всегда уделялось ортостатический устойчивости. Считается, что этот показатель отражает уровень общей тренированности сердечно-сосудистой системы (ССС) к гравитационным нагрузкам [21]. Поэтому ОДНТ предложили использовать не только для выявления тренированности ССС, но и для профилактики ортостатических нарушений. Было выявлено, что при многократных повторных воздействиях, ОДНТ способствовало рефлекторной задержке в организме хлоридов и воды и расширению резервных возможностей ССС [26]. Указанное обстоятельство имеет значение и в практике водолазной медицины, ведь известно, что у большинства водолазов в условиях действия неблагоприятных факторов гипербарии развивается «диурез давления», характеризующийся нарастанием диуреза и повышенными потерями жидкости и электролитов с мочой. Поэтому использование ЛОД нижней части тела может стать перспективной методикой, предназначенной для задержки жидкости в организме водолазов в данных условиях [27].

При использовании ЛОД наиболее выраженными будут реакции сосудов, возникающие при механическом растяжении тканей. За счет таких реакций и будут возникать основные механизмы ЛОД, связанные с усилением регионального кровотока в области декомпрессии [1, 2]. В отличие от ЛОД, при ОДНТ возникают не только местные, но и выраженные изменения центрального кровообращения. На первый план тут выходят реакции ССС системного уровня. При ОДНТ сосудистые реакции гораздо более выражены, чем при ЛОД [22]. Поэтому применение ЛОД может считаться вполне адекватной методикой, влияющей на локальное трансмуральное давление без задействования всей системы кровообращения.

Представленные результаты могут свидетельствовать о том, что использование ОДНТ значительно превосходит ЛОД по силе действия на функции ССС, поэтому использование ЛОД является более безопасной процедурой в отношении развития коллаптоидных реакций у человека. Выявлено, что при проведении ОДНТ, ОЦК снижается в 3 раза более выражено, чем при ЛОД нижней части тела [1, 3].

Поэтому ОДНТ используется в комплексе методик, предназначенных для проведения медицинского отбора космонавтов с высокой устойчивостью ССС к изменениям центрального кровообращения [28].

Таким образом, применение ОДНТ в космической медицине показало свою эффективность как в качестве диагностического, так и в качестве профилактического средства при действии неблагоприятных факторов орбитального полета. Если рассматривать механизмы действия ОДНТ и ЛОД, то обе эти методики похожи. Разница заключается в силе воздействия и точках приложения рассматриваемых механизмов воздействия. Влияя на организм на более локальном уровне, ЛОД позволяет достигать результата без появления большинства нежелательных эффектов, сопутствующих ОДНТ. Поэтому использование ЛОД выглядит более предпочтительным как в клинической, так в водолазной медицине.

*Использование ЛОД в спортивной медицине.* Для применения ЛОД в области спортивной медицины чаще всего использовалась барокамера В. А. Кравченко. Обычно для проведения локальной декомпрессии в такую барокамеру помещалась одна из конечностей испытуемого. В зависимости от целей проводимых исследований у спортсменов после воздействия ЛОД определяли выносливость мышц рук или ног, скорость бега, высоту или длину прыжка, а также устойчивость к различным нагрузкам и другие косвенные показатели физической работоспособности организма [1, 3, 4].

Наилучшие результаты применения ЛОД были получены при ее использовании перед динамическими нагрузками мышц различных групп. Особенно значимые результаты были отмечены в отношении мышц предплечья и кисти, совершавших легкую работу [1, 3, 4]. Несколько иные результаты были получены при выполнении мышцами статических нагрузок. Оказалось, что при статических нагрузках эффективность ЛОД была не настолько выражена, как при динамических нагрузках. Для достижения значимых результатов при статических нагрузках требовалось, чтобы мышцы совершали значительные усилия. Исследователи указанных явлений объясняли этот феномен пережатием артерий и нарушением венозного оттока, возникающим при статических нагрузках. То есть для того, чтобы зафиксиро-

ровать значимые результаты использования ЛОД при статической нагрузке, требовалось, чтобы мышцы развивали усилия не менее 60 % и не более 70 % от максимального. Если при статической нагрузке мышцы развивали усилие более 70 % от максимума, эффективность применения ЛОД также снижалась [1, 3, 4].

При этом чередование режимов компрессии-декомпрессии нижних конечностей (в интервале 50–130 мм рт. ст.) за 30 мин перед физической нагрузкой средней тяжести повышало работоспособность спортсменов на 50–60 %. Что касается скорости бега на длинные дистанции (не менее 10 км), оказалось, что, если ЛОД проводилась за 5 мин перед стартом, то время прохождения дистанции уменьшалось более чем на 5 %. При этом, если ЛОД проводилась более, чем за 40 мин до начала забега, то время прохождения дистанции изменялось недостоверно [1, 3, 4].

Большинство исследователей считают, что после проведения ЛОД работоспособность спортсменов будет определяться скоростью механического сокращения мышц, а не его величиной. В свою очередь, эта скорость будет зависеть от быстроты биохимических реакций и перехода химической энергии в механическое действие. Ускорение биохимических реакций сопровождается снижением потребления кислорода мышцами при той же физической нагрузке [1, 3, 4].

В проанализированных нами работах продемонстрировано, что после воздействия ЛОД повышение работоспособности мышц происходит не за счет усиления регионального кровообращения, а по причине повышения давления в их сосудах. Исследования показали, что эффекту ЛОД сопутствует даже некоторое снижение скорости кровотока и усиление мышечного метаболизма. На повышение скорости протекания биохимических реакций после ЛОД будет указывать улучшение терморегуляции за счет роста теплоотдачи и снижения теплопродукции. Согласно экспериментальным исследованиям, рабочая гипертермия мышц после проведения ЛОД развивается гораздо медленнее, чем в контрольных группах [1, 3, 4].

С практической точки зрения, спортсменов и их тренеров интересовал вопрос: до, или после нагрузок применять ЛОД? Оказалось, что для развития силовых качеств курсовое воздействие ЛОД надо было проводить после,

а для развития скоростных качеств – до тренировок. В этих же исследованиях было выявлено, что эффекты ЛОД связаны с увеличением трансмурального давления в капиллярах. Это интенсифицировало окислительный метаболизм, обеспечивая повышенное снабжение кислородом клеток даже в условиях уменьшенного кровоснабжения. Это выглядит парадоксальным. Ведь в условиях сниженного кровообращения должна развиваться циркуляторная гипоксия, при которой мощность работы снижается. Однако в условиях ЛОД не только не развивалась гипоксия, но и увеличивалась работоспособность мышц, а сами мышцы потребляли меньше кислорода. Таким образом, ЛОД позволяла мышцам извлекать из крови, при прочих равных условиях, гораздо большее количество кислорода [1, 3, 4]. Методику ЛОД также использовали для профилактики дезадаптационных сдвигов в ССС спортсменов. Проведенные исследования у спортсменов с нарушениями тренировочного процесса и наличием перетренированности показали значительный рост давления в микрососудах мышечных тканей, нормализацию биохимических процессов и снижение частоты возникновения нарушений ритма сердца [29]. Кроме того, ЛОД улучшала венозный отток от мышц, усиливала в них микроциркуляцию и ускоряла восстановление после тяжелых физических нагрузок [30].

Таким образом, в контексте применения ЛОД спортивная и водолазная медицина будут иметь ряд точек соприкосновения. Поскольку водолазы относятся к лицам с преимущественно физическим (моторно-волевым) типом работы, использование эффектов локальной декомпрессии для улучшения их работоспособности и восстановления после тяжелых подводных работ будет выглядеть вполне обоснованным. Такое восстановление будет происходить даже в условиях воздействия на водолазов неблагоприятных факторов гипербарии, большинство из которых сопровождаются развитием различных типов гипоксии.

*Использование ЛОД в клинической медицине.* ЛОД применяется в комплексном лечении пациентов с самой разной патологией. Так, при проведении ЛОД у пациентов с полиневропатией нижних конечностей ускорялось восстановление рефлекторной активности, увеличивалась сила мышц, а также повышалась их чувствительность к механическим воздействи-

ям. Если вместе с ЛОД использовали антиоксиданты, то их лечебное действие в отношении уменьшения проявлений полиневропатий было более выраженным. По мнению исследователей, высокая эффективность ЛОД была обусловлена сильным одновременным влиянием на процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантную систему (АОС). Это влияние было более выраженным, чем у применяемых при данной патологии антиоксидантов [31]. Применение ЛОД для коррекции ПОЛ и АОС будет актуально и для водолазной медицины. Исследованиями последних лет показано, что оксидативный стресс является важной составляющей механизмов патогенеза декомпрессионной болезни, токсического действия кислорода и гипоксической гипоксии. Коррекции оксидативного стресса, возникающего при действии неблагоприятных факторов гипербарии, посвящено немало современных исследований [32–34].

Когда ЛОД применялась в комплексном лечении различных форм синдрома диабетической стопы (СДС), происходило существенное снижение глубины и площади кожных дефектов. При этом сокращалось время заживления ран за счет повышения давления в сосудах поврежденных тканей. У больных СДС значительно уменьшались отеки вследствие как снижения общего количества макрофагов, так и уменьшения их наличия в коже [35].

Наибольшее количество проанализированных нами работ касается использования ЛОД в травматологической и акушерско-гинекологической практике. В частности, есть работы, указывающие на достаточную эффективность применения ЛОД в комплексном лечении костно-суставной патологии [1]. Проведенные исследования показали, что эффективность применения ЛОД связана с уменьшением срока лечения больных и обусловлена ускорением репаративного процесса, а также интенсификацией остеогенеза [1]. Указанные механизмы восстановления костной ткани реализовывались благодаря повышению давления в микрососудах, уменьшению отеков, что сопровождалось увеличением насыщения кислородом тканей поврежденной конечности и последующим восстановлением переломов по типу первичного сращения отломков костей [1, 36–38]. Причем указанные механизмы наблюдались как при лечении открытых, так и закрытых переломов

различной локализации [1, 39, 40]. Необходимо отметить, что в травматологической практике применению ЛОД сопутствовало значительное улучшение субъективного состояния больных с переломами костей конечностей [1, 38].

У прооперированных по поводу протезирования коленного сустава пациентов применение ЛОД позволяло быстро уменьшить интенсивность болей, нарастить объем движений, снизить проявления интоксикации организма, активизировать эндокринную систему и усилить лимфоотток. Проведение ЛОД способствовало снижению интенсивности болей и усиливало лимфоотток [41].

В неврологической практике ЛОД применялась при дорсопатиях поясничного отдела позвоночника. Применение данной методики в комплексном лечении таких больных не только улучшало субъективное состояние пациентов за счет уменьшения выраженности болей, но и оптимизировало их клинико-неврологический статус [42].

Что касается применения ЛОД в комплексном лечении пациентов с интоксикациями различного генеза, то наилучшие результаты были получены при ликвидации последствий употребления алкоголя и различных его суррогатов. После курсового применения ЛОД не только уменьшался уровень астении, но в периферической крови у таких пациентов снижалось количество деформированных эритроцитов, отмечалось улучшение реологических свойств крови и повышение давления в мелких сосудах [1].

Самое большое количество исследований было посвящено применению ЛОД в акушерской и гинекологической практике. Это связано с тем, что в первую очередь в ходе процедуры локальному пониженному давлению подвергались область живота и малого таза пациента. Известно, что первые сведения об использовании ЛОД в данной области медицины появились в начале 60-х годов прошлого века, когда профессор Хейнс из Южно-Африканской Республики опубликовал ряд материалов о результатах использования этого метода у беременных, а также больных с различной гинекологической патологией [1, 43, 44]. В нашей стране первые работы по данной тематике были опубликованы в середине 70-х, начале 80-х годов XX века, когда была показана высокая эффективность использования ЛОД для

улучшения микроциркуляции в плаценте, что существенно снизило риски развития фетоплацентарной недостаточности. Самым показательным результатом применена ЛОД тогда стало уменьшение количества случаев мертворожденности у родильниц с самой разной патологией и возрастом [1, 45]. Как и в других исследованиях, главным механизмом ЛОД, реализованным в акушерско-гинекологической практике, стало значительное повышение скорости кровотока, а также раскрытие и увеличение количества микрососудов с одновременным снижением их тонуса в зоне декомпрессии. При этом одним из важных аспектов использования ЛОД в акушерско-гинекологической практике исследователи считали возможность снижения дозы (или даже полного отказа) от ряда медикаментозных препаратов, так как применение ЛОД позволяло модифицировать или усиливать многие фармакологические эффекты различных лекарственных средств [46].

Многих исследователей привлекала возможность использования ЛОД для коррекции анемий, возникающих в акушерской практике. Известно, что развитие анемии у беременных способно приводить к развитию плацентарной недостаточности, поэтому выявленный профилактический эффект ЛОД в отношении развития плацентарной недостаточности у беременных вселил в исследователей определенные надежды в плане коррекции сопутствующих анемий. Оказалось, что наиболее выраженным эффектом ЛОД был, если анемию выявляли на ранних сроках беременности 10–12 нед. Если анемия выявлялась в эти сроки, то проведение ЛОД сопровождалось более плотным прикреплением плаценты и последующим рождением детей с более высокой массой тела. Указанные эффекты у беременных сопровождались значительным усилением активности АОС [1, 45, 47].

Абдоминальная декомпрессия показала хорошие результаты при борьбе с гестозом и задержкой внутриутробного развития плода. В ходе лечения беременных с гестозом у них уменьшались отеки, увеличивалось время свертываемости крови, нарастало давление в микрососудах, усиливался диурез и уменьшалось количество случаев задержки внутриутробного развития [1, 48]. При проведении ЛОД нормализовалась овуляция, восстанавливалась проходимость маточных труб и улучшались функции плаценты за счет повышения рези-

стентности кровотоку сосудов матки, пуповины и других сосудов абдоминальной области [1, 48]. Большинство положительных эффектов ЛОД в условиях беременности достигалось путем улучшения реологических свойств крови, снижения внутрибрюшного давления и уменьшения тонуса периферических сосудов [1].

В гинекологической практике локальную декомпрессию часто использовали для лечения гипогалактии [1]. В данном случае положительные эффекты ЛОД связывали с ростом трансмембранного обмена веществ при увеличении площади транскапиллярного обмена. Эта площадь увеличивалась соразмерно росту диффузионной поверхности капилляров. Растяжение капилляров проводило к увеличению диаметра пор их стенок, что увеличивало проницаемость капилляров для различных веществ. Большинство исследователей сходится во мнении о том, что ЛОД изменяет функции гистогематических барьеров и увеличивает метаболизм секреторных процессов и снабжение кислородом тканей организма, подвергающихся декомпрессии [1, 45–48]. Усиление микроциркуляции и повышенное поступление кислорода к клеткам эпителия альвеол приводило к увеличению выделения молока. Именно эти механизмы способствовали грудному вскармливанию новорожденных [1].

*Использование ЛОД в ветеринарной практике.* Что касается применения ЛОД в ветеринарной медицине, то тут есть определенные параллели с клиническим использованием данной методики у больных людей. Связано это, скорее всего, с общебиологическим действием ЛОД на организм млекопитающих. Так, в ветеринарной травматологии при проведении ЛОД кошкам с остеосинтезом выявлялся значительный антиоксидантный эффект данной процедуры. Подтверждением этому служили результаты, указывающие на снижение в крови у травмированных животных концентрации диеновых конъюгатов, диенкетонов и малонового диальдегида. Применение ЛОД у таких животных способствовало улучшению их состояния и уменьшению сроков сращения костных отломков [49]. Высокая эффективность ЛОД была показана в комплексном лечении собак с внутрикостным остеосинтезом, остеоартрозом и контрактурами [1].

Для лечения животных чаще всего применялась вакуум-градиентная терапия (ВГТ),

являющаяся одной из форм ЛОД. К физиологическим механизмам ВГТ относят возникновение в результате ее проведения интервальной вазодилатации и растяжения резистивных сосудов (эти эффекты при проведении данной процедуры были временными и местными). В результате ВГТ в резистивных сосудах значительно увеличивается скорость кровотока. Наиболее часто ВГТ у животных применялась при неврологических нарушениях и в ортопедической практике [50].

С точки зрения экстремальной, спортивной и, конечно, водолазной медицины интерес будут представлять исследования эффективности использования ЛОД при значительных истощающих физических нагрузках. Особое внимание привлекают исследования, проводимые в условиях гипоксии. Так, эксперименты на крысах при истощающих плавательных нагрузках показали, что применение ЛОД приводит к повышению толерантности животных к тяжелой физической нагрузке и увеличению времени их плавания с грузом [51].

Значительный интерес не только водолазной, но и для клинической медицины представляют исследования совместного действия ЛОД и гипербарической оксигенации (ГБО) на организм. Этот интерес связан с тем, что метод ГБО не лишен определенных недостатков, суть которых заключается в возникновении спазма сосудов, зависящего как от дозы гипербарического кислорода, так и от индивидуальной устойчивости организма к действию этого газа. Исходя из представленных выше механизмов действия ЛОД, ее проведение может уменьшить отрицательные эффекты ГБО или повысить эффективность проведения данной процедуры. Экспериментальные исследования совместного использования ЛОД и ГБО при различной патологии у крыс показали снижение количества МСМ и эозинофилов в крови у животных, что может указывать на снижение интоксикации организма. В результате проведения совместной методики увеличивалось количество лимфоцитов в крови крыс и нормализовались другие биохимические показатели, что свидетельствовало о повышении иммунобиологической резистентности и положительном влиянии на микрососуды [52, 53].

Эксперименты на крысах выявили наличие стимулирующего действия ЛОД на систему крови и лимфоидные ткани. Авторы исследова-

ний связывали эти эффекты с усилением внутрисосудистого давления и увеличением количества раскрытых микрососудов. У таких крыс было зарегистрировано увеличение количества мигрирующих форм лейкоцитов и сдвиг влево лейкоцитарной формулы. Это сопровождалось нарастанием концентрации иммуноглобулина (Ig) А и увеличением количества миелоцитов и палочкоядерных нейтрофилов [6, 7, 54].

В экспериментальных исследованиях на животных ЛОД использовали для детоксикации организма при отравлении фосфорорганическими веществами (фосфаколом). Результаты этих исследований продемонстрировали снижение спазма микрососудов, а также снижение числа поврежденных и деформированных эритроцитов. При этом в периферической крови увеличивалось количество эозинофилов и лимфоцитов. Все это способствовало снижению выраженности симптомов интоксикации и уменьшению длительности периода восстановления после отравления [55]. Если отравление различными веществами или другие причины приводили к развитию хронической почечной недостаточности, то проведение ЛОД обуславливало снижение интоксикации организма. Это проявлялось значительным снижением в крови остаточного азота и азота мочевины, креатинина и других продуктов обмена веществ. В целом проведение ЛОД способствовало значительному повышению выживаемости котлов с хронической почечной недостаточностью [56].

Исследования по применению ЛОД выявили ее возможности по влиянию на иммунологический статус организма животных. Курсовое воздействие ЛОД на крыс сопровождалось повышением IgA и IgM, а также снижением содержания IgG в сыворотке крови [57].

Таким образом, использование ЛОД в ветеринарной медицине, а также многочисленные эксперименты на лабораторных животных выявили дополнительные механизмы действия данной процедуры. К таким механизмам ЛОД можно отнести наличие антиоксидантного эффекта и эффекта коррекции спазма сосудов при дыхании медицинским кислородом. Потенциальная возможность существования и включения этих механизмов существует и в водолазной медицине.

**Обсуждение.** Основой применения отрицательного давления на нижнюю часть тела в клинической, экстремальной, эксперимен-

тальной и ветеринарной медицине является наличие общебиологических (общезиологических) механизмов. Эти механизмы начинают включаться при создании разряжения над локальной частью тела животного или человека и обусловлены участием реактивных сосудов. От количества одновременно раскрытых микрососудов будет зависеть выраженность эффекта процедуры и длительность его последствий. В большинстве проанализированных нами работ содержится информация о прямых и рефлекторных механизмах действия ЛОД на ткани организма [1, 2]. К прямым механизмам действия ЛОД можно отнести увеличение трансмурального давления в поверхностных венах, а также повышение их емкости и кровенаполнения. Все остальные механизмы действия ЛОД, на наш взгляд, можно отнести к рефлекторным: незначительное изменение центральной гемодинамики, усиление обмена веществ на самых различных уровнях и повышение физической работоспособности человека.

Указанные механизмы ЛОД будут лежать в основе ее лечебных эффектов. В различных областях медицины или ветеринарии наиболее востребованными будут те или иные эффекты ЛОД. Так, для космической медицины наиболее актуальными будут изменения центральной гемодинамики, для спортивной медицины – повышение мышечной работоспособности и снижение времени восстановления после физических нагрузок. В клинической и ветеринарной медицине на первый план выходят эффекты, связанные со стимуляцией микроциркуляции, улучшением реологических свойств крови, уменьшением интоксикации организма и снижением выраженности оксидативного стресса. В водолазной медицине наиболее актуальными эффектами ЛОД следует считать стимуляцию микроциркуляции, улучшение реологических свойств крови, уменьшение интоксикации организма и повышение активности антиоксидантной системы.

**Заключение.** Проведенный анализ литературы указывает на достаточную эффективность использования ЛОД в различных областях клинической медицины и ветеринарии. Нет никаких сомнений в том, что указанный метод полезен в комплексном лечении и профилактике самых различных заболеваний, а также коррекции функциональных состояний человека. В то же время в области водолазной медицины высокий потенциал ЛОД раскрыт недостаточ-

но. Учитывая механизмы возникновения и развития различных водолазных заболеваний, представляется вполне обоснованным проведение дальнейших работ по исследованию воздействия ЛОД на функции организма человека и животных, находящихся в условиях гипербарии. Сегодня проведенных исследований в области экстремальной, и в частности водолазной медицины, явно недостаточно для того, чтобы сформировать мнение о доказанности положительного или отрицательного влияния ЛОД на организм человека, находящегося в гипербарических условиях. Тем не менее нам представляется, что ЛОД в области водолазной медицины можно использовать с диагностической, профилактической и лечебной целями.

Говоря о возможностях диагностического применения ЛОД в водолазной медицине, мы будем иметь ввиду проблему профессионального отбора водолазов, включающую сложности определения их индивидуальной устойчивости к неблагоприятным факторам гипербарии. Результаты применения ОДНТ в космической медицине говорят о формировании у космонавтов в условиях микрогравитации измененного гидратационного статуса организма, обусловленного перемещением жидких сред организма в верхнюю часть тела и гипогидратацией мышечной ткани [23]. Проведенные исследования показывают, что у водолазов формируются похожие нарушения [27, 58]. И если проведение ОДНТ у космонавтов за счет обратного перемещения жидкости в нижнюю часть тела позволяет оценить ортостатическую устойчивость и определить уровень общей тренированности ССС к гравитационным нагрузкам, то результаты проведения ЛОД у водолазов могут послужить отправной точкой для разработки новых методик, позволяющих по косвенным признакам оценивать устойчивость к факторам гипербарии. Кроме того, перемещения жидких сред организма в область ног и живота, возникающие в процессе ЛОД, могут служить способом коррекции (или «тренировки») водно-электролитного обмена у водолазов. Известно, что состояние водно-электролитного обмена и соотношение жидких сред организма могут отражать и даже определять устойчивость водолазов к факторам гипербарии. Поэтому ЛОД может занять свое место среди методов повышения устойчивости организма к неблагоприятным факторам гипербарии [58].

При использовании ЛОД у водолазов с профилактической целью мы будем говорить о проблеме разработки новых способов повышения их индивидуальной устойчивости к неблагоприятным факторам гипербарии и в первую очередь – к ДБ. Поэтому при курсовом использовании ЛОД с профилактической целью надо обратить внимание на такие эффекты данной процедуры, как увеличение времени свертываемости крови, улучшение ее реологических характеристик, рост количества функционирующих микрососудов, нивелирование неблагоприятных эффектов оксидативного стресса и ускорение дезинтоксикации организма. Эти эффекты будут полезны как при профилактике (повышении устойчивости), так и при лечении водолазов с декомпрессионной болезнью, отравлением кислородом, проявлениями токсического действия азота и гипоксической гипоксией. Поэтому проведение исследований по применению методики ЛОД в области водолазной медицины видится перспективным.

В будущих исследованиях надо определить дозы ЛОД (число сеансов и их продолжительность, величину разряжения в барокамере и количество циклов применения), а также показания и противопоказания к ее проведению у водолазов. Кроме того, необходимо выяснить при действии каких конкретно неблагоприятных факторов гипербарии проведение данной методики будет наиболее показано. Среди будущих исследований особое место должны занять работы по выявлению механизмов совместного действия ГБО и ЛОД. Уже сейчас можно предположить, что их сочетанное действие при физиологически обоснованном использовании должно потенцировать положительные эффекты (усиление микроциркуляции, дезинтоксикация организма, ликвидация гипоксии) и нивелировать отрицательные последствия ГБО (нарушения центрального и периферического кровообра-

щения, усиление ПОЛ, снижение эффективности АОС). Ключевой вопрос заключается в том, каким образом должны быть использованы эти методики: вначале ГБО, а затем ЛОД или наоборот? От выбранной «дозы» гипербарического кислорода и режима разряжения при ЛОД будет зависеть конечный «алгоритм» совместного использования этих двух процедур.

С точки зрения лечения водолазной патологии стоит обратить внимание на те звенья патогенеза заболеваний, влияние на которые с помощью ЛОД будет наиболее эффективно, то есть нужно выявить на каких стадиях того или иного водолазного заболевания использование методики ЛОД будет показано, а на каких стадиях стоит использовать другие лечебные воздействия. На наш взгляд, звеньями патогенеза водолазных заболеваний, на которые может воздействовать ЛОД, будут являться:

- при ДБ: нарушение реологических свойств крови, расстройства микроциркуляции;
- при ТДК и ТДА: возникновение оксидативного стресса, спазм сосудов.

Проведенные ранее исследования показывают, что при действии большинства неблагоприятных факторов гипербарии на лиц, имеющих к ним низкую устойчивость, возможно развитие «синдрома гипербарической интоксикации», характеризующегося увеличением концентрации молекул средней массы МСМ в плазме крови [59]. Поэтому использование ЛОД у таких лиц будет, безусловно, показано для снижения концентрации этих метаболитов.

Так или иначе, но данный обзор литературы ставит много новых вопросов перед исследователями в области водолазной медицины. Получение ответов на эти вопросы в результате проведения экспериментов по применению ЛОД на животных и исследований с участием испытуемых, откроет новую страницу в профилактике и лечении водолазных заболеваний.

#### Сведения об авторах

**Шитов Арсений Юрьевич** – кандидат медицинских наук, заслуженный изобретатель Российской Федерации, старший преподаватель кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 7390-1240; ORCID: 0000-0002-5716-0932; Web of Science Researcher ID: O-3730-2017; e-mail: arseniyshitov@mail.ru

**Зверев Дмитрий Павлович** – кандидат медицинских наук, доцент, начальник кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 7570-9568; ORCID: 0000-0003-3333-6769; e-mail: z.d.p@mail.ru

**Мясников Алексей Анатольевич** – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, профессор кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 2590-0429; ORCID: 0000-0002-7427-0885; e-mail: a\_mjasnikov@mail.ru

*Кленков Ильяс Рифатович* – кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 9827-8535; ORCID: 0000-0002-1465-1539; e-mail: klen.ir@mail.ru

*Андрусенко Андрей Николаевич* – кандидат медицинских наук; преподаватель кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; научный сотрудник, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины ФМБА России; 196143, Санкт-Петербург, просп. Юрия Гагарина, д. 65; SPIN: 6772-4452; ORCID: 0000-0001-7393-6000; e-mail: an.a.an@mail.ru

*Исрафилов Загир Маллараджабович* – кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 1619-6621; ORCID: 0000-0002-3524-7412; e-mail: warag05@mail.ru

*Колчанов Сергей Павлович* – адъюнкт, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: kolchans@yandex.ru

#### Information about authors:

*Arseniy Yu. Shitov* – Cand. of Sci. (Med.), Honored Inventor of the Russian Federation, Senior lecturer of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 7390-1240; ORCID: 0000-0002-5716-0932; Web of Science Researcher ID: O-3730-2017; e-mail: arseniyshitov@mail.ru

*Dmitry P. Zverev* – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Colonel of the Medical Service, Head of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN 7570-9568; ORCID: 0000-0003-3333-6769; e-mail: z.d.p@mail.ru

*Alexey A. Myasnikov* – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Professor of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN 2590-0429; ORCID: 0000-0002-7427-0885; e-mail: a\_mjasnikov@mail.ru

*Ilyas R. Klenkov* – Cand. of Sci. (Med.), Senior Lecturer of the Department Physiology of Scuba Diving, Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 9827-8535; ORCID: 0000-0002-1465-1539; e-mail: klen.ir@mail.ru

*Andrey N. Andrusenko* – Cand. of Sci. (Med.), Lecturer of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; Research associate Scientific research institute of industrial and marine medicine Federal medical and biological agency; SPIN: 6772-4452, ORCID: 0000-0001-7393-6000; e-mail: an.a.an@mail.ru

*Zagir M. Israfilov* – Can. of Sci. (Med.), Lecturer of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN 1619-6621; ORCID: 0000-0002-3524-7412; e-mail: warag05@mail.ru

*Sergey P. Kolchanov* – Adjunct of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Street 6; e-mail: kolchans@yandex.ru

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Наибольший вклад распределен следующим образом.** Вклад в концепцию и план исследования — А. Ю. Шитов, А. А. Мясников, Д. П. Зверев. Вклад в сбор данных — А. Ю. Шитов, А. Н. Андрусенко. Вклад в анализ данных и выводы — А. Ю. Шитов, С. П. Колчанов, З. М. Исрафилов, И. Р. Кленков. Вклад в подготовку рукописи — А. Ю. Шитов, А. Н. Андрусенко, И. Р. Кленков.

**Author contribution.** All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

**Special contribution:** AYush, AAM, DPZ contribution to the concept and plan of the study. AYush, ANA contribution to data collection. AYush, SPK, ZMI, IRK contribution to data analysis and conclusions. AYush, ANA, IRK contribution to the preparation of the manuscript.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Disclosure.** The authors declare that they have no competing interests.

**Соответствие принципам этики:** Одобрение этического комитета не требовалось. Каждый респондент (испытуемый) дал добровольное согласие на обработку своих персональных данных в ходе проводимого исследования.

**Adherence to ethical standards:** The approval of the ethics committee was not required. Each respondent (subject) gave voluntary consent to the processing of their personal data during the study.

**Финансирование:** исследование проведено без дополнительного финансирования.

**Funding:** the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 12.12.2024

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Скопичев В. Г. *Применение лечебного воздействия положительного и отрицательного давления в клинической медицине*. СПб.: Любавич. 2018. 362 с. ISBN 978-5-86983-849-0 [Skopichev V. G. The use of therapeutic effects of positive and negative pressure in clinical medicine. St. Petersburg: Lyubavich, 2018, 362 p. ISBN 978-5-86983-849-0 (In Russ.)].

2. Жичкина Л. В., Скопичев В. Г. Физиологическое обоснование детоксикационной терапии // *Международный вестник ветеринарии*. СПб. 2004. №1. С. 112–116 [Zhichkina L. V., Skopichev V. G. Physiological justification of detoxification therapy. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. St. Petersburg, 2004, No.1, pp. 112–116 (In Russ.)].
3. Длигач Д. Л., Иоффе Л. А. Локальная декомпрессия и работоспособность. Л.: Наука. 1982. 359 с. [Dligach D. L., Ioffe L. A. Local decompression and performance. Leningrad: Nauka, 1982, 359 p. (In Russ.)].
4. Аванесов В. У. Применение локального отрицательного давления в подготовке спортсменов. М.: СпортАкадемПресс. 2001. 84 с. [Avanesov V. U. The use of local negative pressure in the training of athletes. Moscow: SportAkademPress, 2001, 84 p. (In Russ.)].
5. Гайдуков С.Н., Прохорович Т.Н., Скопичев В.Г. Абдоминальная декомпрессия - стационарзамещающая технология для акушерства и гинекологии // Абдоминальная декомпрессия в медицине. Теория и практика. СПб. 2004. С. 6–11. [Gaidukov S.N., Prokhorovich T.N., Skopichev V.G. Abdominal decompression - inpatient replacement technology for obstetrics and gynecology // *Abdominal decompression in medicine. Theory and practice*. St. Petersburg, 2004. pp. 6–11. (In Russ.)].
6. Панченкова И.А., Жичкина Л.В., Юрьев А.Ю., Шитов А.Ю. Влияние локальной абдоминальной декомпрессии на некоторые показатели крови лабораторных животных // *Иппология и ветеринария*. 2012. № 2 (4). С.137–140. [Panchenkova I.A., Zhichkina L.V., Yuryev A.Yu., Shitov A.Yu. The effect of local abdominal decompression on some blood parameters of laboratory animals // *Hippology and Veterinary Medicine*. 2012. No. 2 (4). pp.137–140. (In Russ.)].
7. Юрьев А.Ю., Шитов А.Ю., Панченкова И.А., Ярославцев М.Ю. Динамика неспецифических адаптационных реакций при действии на организм факторов повышенного давления // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2012. №3 (39). С. 141–145. [Yuryev A.Yu., Shitov A.Yu., Panchenkova I.A., Yaroslavtsev M.Yu. Dynamics of nonspecific adaptive reactions under the action of high-pressure factors on the body // *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2012. No.3 (39). pp. 141–145. (In Russ.)].
8. Жичкина Л.В., Скопичев В.Г. Физиология локального отрицательного давления. // «Абдоминальная декомпрессия в медицине. Теория и практика». СПб., 2004. С. 29–51. [Zhichkina L.V., Skopichev V.G. Physiology of local negative pressure. // «*Abdominal decompression in medicine. Theory and Practice*». St. Petersburg, 2004. pp. 29–51. (In Russ.)].
9. Зотов В.П. Восстановление работоспособности в спорте. Киев: Здоровье, 1990. 200 с. [Zotov V.P. Restoration of performance in sports. Kiev: Zdorovye, 1990. 200 p. (In Russ.)].
10. Длигач Д.Л., Иоффе Л.А., Коробков А.В. Физиологические механизмы функциональных сдвигов при локальной декомпрессии // *Мат. итоговой науч. конф. М.:ВНИИФК*. 1975. 112 с. [Dligach D.L., Ioffe L.A., Korobkov A.V. Physiological mechanisms of functional shifts in local decompression // *Mat. final scientific conference M.:VNIIFK*. 1975. 112 p. (In Russ.)].
11. Мясников А. А., Старков А. В., Старовойт А. В. Избранные вопросы водолазной медицины. СПб.: РИЦ ПСПбГМУ. 2019. 59 с. [Myasnikov A. A., Starkov A. V., Starovoit A. V. Selected issues of diving medicine. St. Petersburg: RIC PSPb-SMU, 2019, 59 p. (In Russ.)].
12. Левченко З. А., Назаров С. С., Ятманов А. Н. К вопросу изучения маркеров устойчивости водолазов к декомпрессионной болезни // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2020. Т. 39, № S3–3. С. 106–108 [Levchenko Z. A., Nazarov S. S., Yatmanov A. N. On the issue of studying markers of divers' resistance to decompression sickness. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2020, Vol. 39, No. S3–3, pp. 106–108. (In Russ.)].
13. Зверев Д. П., Мясников А. А., Исрафилов З. М., Шитов А. Ю., Андрусенко А. Н., Чернов В. И., Кленков И. Р. Влияние дыхания газовыми смесями с повышенным парциальным давлением кислорода на состояние функций организма водолаза // *Военно-мед. журнал*. 2023. Т. 344, № 4. С. 55–62. doi: [http://doi.org/10.52424/00269050\\_2023\\_344\\_4\\_55](http://doi.org/10.52424/00269050_2023_344_4_55) [Zverev D. P., Myasnikov A. A., Israfilov Z. M., Shitov A. Yu., Andrusenko A. N., Chernov V. I., Klenkov I. R. Influence of breathing gas mixtures with increased partial pressure of oxygen on the state of the diver's body function. *Military Medical Journal*, 2023, Vol. 344, No 4, pp. 55–62. (In Russ.)]. doi: [http://doi.org/10.52424/00269050\\_2023\\_344\\_4\\_55](http://doi.org/10.52424/00269050_2023_344_4_55).
14. Зверев Д. П., Бобров Ю. М., Андрусенко А. Н., Шитов А. Ю., Чернов В. И., Кленков И. Р. Методические аспекты оценки устойчивости человека к токсическому действию азота // *Клиническая патофизиология*. 2019. Т. 25, № 2. С.21–25 [Zverev D. P., Bobrov Yu. M., Andrusenko A. N., Shitov A. Yu., Chernov V. I., Klinkov I. R. Methodological aspects of assessing human resistance to the toxic effects of nitrogen. *Clinical Pathophysiology*, 2019, Vol.25, No. 2, pp. 21–25 (In Russ.)].
15. Левченко З. А., Назаров С. С., Ятманов А. Н. Физиологические и психологические особенности водолазов с различным уровнем устойчивости к декомпрессионной болезни // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2019. Т. 38, № 3. С. 197–201 [Levchenko Z. A., Nazarov S. S., Yatmanov A. N. Physiological and psychological characteristics of divers with different levels of resistance to decompression sickness. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2019, Vol. 38, No. 3, pp. 197–201 (In Russ.)].
16. Катков В. Е., Честухин В. В., Николаенко Э. М., Румянцев В. В., Гвоздев С. В., Зыбин О. Х., Колпаков Е. В. Реакция центрального кровообращения здорового человека на декомпрессию различных областей тела // *Физиология человека*. 1983. Т. 9, № 2. С. 237–241 [Katkov V. E., Chestukhin V. V., Nikolaenko E. M., Rumyantsev V. V., Gvozdev S. V., Zybin O. Kh., Kolpakov E. V. Reaction of the central circulation of a healthy person to decompression of various areas of the body. *Human Physiology*, 1983, Vol. 9, No. 2. pp. 237–241 (In Russ.)].
17. Жичкина Л. В., Скопичев В. Г., Касумов М. К., Васютина М. Л. Прижизненная микроциркуляция сосудов брыжейки крыс до и после воздействия локального отрицательного давления // *Трансляционная медицина*. 2015. № 1. С. 46–51 [Zhichkina L. V., Skopichev V. G., Kasumov M. K., Vasutina M. L. Vital microcirculation of vessels of a mesenterium of rats before and after influence of local negative pressure. *Translational medicine*, 2015, No. 1, pp. 46–51 (In Russ.)].

18. Воскресенский А. Д., Дегтярёв В. А., Дорошев В. Г., Чеканова С. Л. Факторный анализ реакции на пробу с отрицательным давлением на нижнюю половину тела на земле и в космическом полёте // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1985. Т. 19, № 1. С. 4–5 [Voskresensky A. D., Degtyarev V. A., Doroshev V. G., Chekanova S. L. Factor analysis of the reaction to a sample with negative pressure on the lower half of the body on Earth and in space flight. *Space Biology and aerospace Medicine*, 1985, Vol. 19, No. 1. pp. 4–5 (In Russ.)].
19. Григорьев А. И., Ларина И. М., Носков В. Б. Влияние космических полетов на состояние и регуляцию водно-электролитного обмена // *Российский физиологический журнал. им. И. М. Сеченова*. 2006. Т. 92, № 1. С. 5–17 [Grigoriev A. I., Larina I. M., Noskov V. B. The influence of space flights on the state and regulation of water-electrolyte metabolism. *I. M. Sechenov Russian Journal of Physiology*, 2006, Vol. 92, No. 1, pp. 5–17 (In Russ.)].
20. Юнусов М. А., Орлов В. Н., Виноходова Т. В. Влияние модели «сухой» иммерсии на показатели водно-солевого обмена, уровень альдостерона и кортизола в плазме крови у лиц с различной степенью гидратации организма // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1985. Т. 19, № 4. С. 42–45 [Yunusov M. A., Orlov V. N., Vinokhodova T. V. The effect of the «dry» immersion model on the parameters of water-salt metabolism, the level of aldosterone and cortisol in blood plasma in persons with varying degrees of hydration of the body. *Space Biology and aerospace Medicine*, 1985, Vol. 19, No. 4, pp. 42–45 (In Russ.)].
21. Егоров А. Д., Ицеховский О. Г., Касьян И. И., Полякова А. П., Турчанинова В. Ф., Алфёрова И. В., Савельева В. Г., Домрачева М. В., Дорошев В. Г., Кобзев Е. А., Барер А. С., Тихомиров Е. П. Результаты исследования гемодинамики и фазовой структуры сердечного цикла при функциональной пробе с воздействием отрицательного давления на нижнюю половину тела в 140-суточном полёте станции «Салют-6» // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1981. Т. 15, № 6. С. 65–69 [Egorov A. D., Itsekhevsky O. G., Kasyan I. I., Polyakova A. P., Turchaninova V. F., Alferova I. V., Savelyeva V. G., Domracheva M. V., Doroshev V. G., Kobzev E. A., Barer A. S., Tikhomirov E. P. Results of a study of hemodynamics and phase structure of the cardiac cycle in a functional test with exposure negative pressure on the lower half of the body in the 140-day flight of the Salyut-6 station. *Space Biology and Aerospace Medicine*, 1981, Vol. 15, No. 6, pp. 65–69 (In Russ.)].
22. Катков В. Е., Честухин В. В., Николаенко Э. М., Румянцев В. В., Гвоздев С. В. Центральное кровообращение здорового человека во время 7-суточной антиортостатической гипокинезии и декомпрессии различных областей тела // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1984. Т. 18, № 1. С. 80–90 [Katkov V. E., Chestukhin V. V., Nikolaenko E. M., Rumyantsev V. V., Gvozdev S. V. Central blood circulation of a healthy person during 7-day antiorthostatic hypokinesia and decompression of various body regions. *Space Biology and Aerospace Medicine*, 1984, Vol. 18, No. 1, pp. 80–90 (In Russ.)].
23. Пестов И. Д., Асямолов Б. Ф. Отрицательное давление на нижнюю часть тела как метод профилактики сдвигов, связанных с изменением гидростатического давления крови // *Космическая биология и медицина*. 1972. Т. 6, № 4. С. 59–64 [Pestov I. D., Asmolov B. F. Negative pressure on the lower part of the body as a method of preventing shifts associated with changes in hydrostatic blood pressure. *Space Biology and Medicine*, 1972, Vol. 6, No. 4, pp. 59–64 (In Russ.)].
24. Катков В. Е., Честухин В. В., Румянцев В. В., Колпаков Е. В., Правецкий Н. В., Агафонов С. В. Коронарное кровообращение здорового человека во время постральных воздействий и декомпрессии нижней половины тела // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1983. Т. 17, № 5. С. 30–36 [Katkov V. E., Chestukhin V. V., Rumyantsev V. V., Kolpakov E. V., Pravetsky N. V., Agafonov S. V. Coronary circulation of a healthy person during postural effects and decompression of the lower half of the body. *Space Biology and aerospace medicine*, 1983, Vol. 17, No. 5, pp. 30–36 (In Russ.)].
25. Вольвач С. И., Коваленко Е. А., Пономарев С. И., Габышев В. К., Никифоров В. И., Кулев А. П., Архипов В. В. Кислородный режим и регионарный кровоток слизистой оболочки десны при воздействии отрицательного давления на нижнюю часть тела // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1985. Т. 19, № 3. С. 33–37 [Volvach S. I., Kovalenko E. A., Ponomarev S. I., Gabyshev V. K., Nikiforov V. I., Kulev A. P., Arkhipov V. V. Oxygen regime and regional blood flow of the gingival mucosa under the influence of negative pressure on the lower part of the body. *Space Biology and aerospace medicine*, 1985, Vol. 19, No. 3, pp. 33–37 (In Russ.)].
26. Миррахимов М. М., Ажимаматов Т. А., Балтабаев Т. Б. Гемодинамика при кратковременном отрицательном давлении на нижнюю часть тела // *Физиология человека*. 1985. Т. 11, № 5. С. 765–769 [Mirrakhimov M. M., Azhimamatov T. A., Baltabaev T. B. Hemodynamics with short-term negative pressure on the lower part of the body. *Human Physiology*, 1985, Vol. 11, No. 5, pp. 765–769 (In Russ.)].
27. Belov V. G., Parfyonov Yu. A., Yatmanov A. N., Tsoy V. S., Kiryanov V. M., Kolosnicina M. Yu. Pathogenetic determinants of the disease inner picture with patients suffering from essential (primary) hypertension. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2010, № 1 (29), pp. 146–150.
28. Яруллин Х. Х., Крупина Т. Н., Свирижев Ю. М., Боневоленская Т. В., Васильева Т. Д., Асатурян В. И., Кантор С. Л. Изучение возможности использования пробы с воздействием отрицательного давления на нижнюю половину тела применительно к отбору кандидатов в космонавты // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1978. Т. 12, № 4. С. 6–13 [Yarullin Kh. Kh., Krupina T. N., Svirizhev Yu. M., Bonevolenskaya T. V., Vasilyeva T. D., Asaturyan V. I., Kantor S. L. Studying the possibility of using a sample with the effect of negative pressure on the lower half of the body in relation to the selection of candidates for cosmonauts. *Space Biology and aerospace medicine*, 1978, Vol. 12, No. 4, pp. 6–13 (In Russ.)].
29. Василенко В. С., Мамиев Н. Д. Профилактика срыва адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов методом абдоминальной декомпрессии // *Сеченовский вестник*. 2017. № 3 (29). С. 25–31 [Vasilenko V. S., Mamiev N. D. Prevention of disruption of adaptation of the cardiovascular system in athletes by abdominal decompression. *Sechenovskiy Bulletin*, 2017, No. 3(29), pp. 25–31 (In Russ.)].

30. Слепова Д. А., Калинин А. В. Влияние абдоминальной декомпрессии на кровообращение спортсменов // *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2016. Т. 21, № 4. С. 31–36 [Slepova D. A., Kalinin A. V. The effect of abdominal decompression on the blood circulation of athletes. *Bulletin of the Ivanovo Medical Academy*, 2016, Vol. 21, No. 4, pp. 31–36 (In Russ.)].
31. Зинякова Д. Н., Разумов А. Н. Локальная баротерапия в коррекции клинко-биохимических и нейрофизиологических параметров при полиневропатиях нижних конечностей // *Вестник восстановительной медицины*. 2007. № 1 (19). С. 19–23 [Zinyakova D. N., Razumov A. N. Local barotherapy in correction of clinical, biochemical and neurophysiological parameters in lower limb polyneuropathies. *Bulletin of Restorative Medicine*, 2007, No. 1 (19), pp. 19–23 (In Russ.)].
32. Старков А. В., Старовойт А. В., Шитов А. Ю. Влияние режимов декомпрессии на процессы перекисного окисления липидов и состояние антиоксидантной системы человека // *Баротерапия в комплексном лечении раненых, больных и пораженных. Материалы VII Всеармейской научно-практической конференции* / Под ред. А. А. Мясникова. СПб.: ВМедА. 2009. С. 75–76 [Starkov A. V., Starovoit A. V., Shitov A. Yu. The effect of decompression regimes on the processes of lipid peroxidation and the state of the human antioxidant system. *Barotherapy in the complex treatment of the wounded, sick and affected. Materials of the VII All-Army scientific and practical conference* / Edited by A. A. Myasnikov. St. Petersburg: VMedA, 2009, pp. 75–76 (In Russ.)].
33. Старовойт А. В., Мясников А. А., Пастушенков В. Л., Шитов А. Ю., Лустин С. И. Клинико-лабораторная оценка метаболических нарушений при воздействии повышенного и пониженного давления // *Баротерапия в комплексном лечении раненых, больных и пораженных. Материалы VIII Всеармейской научно-практической конференции* / Под ред. А. А. Мясникова. СПб.: ВМедА. 2012. С. 95–96. [Starovoit A. V., Myasnikov A. A., Pastushenkov V. L., Shitov A. Yu., Lustin S. I. Clinical and laboratory assessment of metabolic disorders under the influence of high and low blood pressure. *Barotherapy in the complex treatment of the wounded, sick and affected. Materials of the VIII All-Army scientific and practical conference* / Ed. A. A. Myasnikov. St. Petersburg: VMedA, 2012, pp. 95–96 (In Russ.)].
34. Попова Ю. А., Буравкова Л. Б., Павлов Б. Н. Метаболические и гормональные показатели крови человека при длительном пребывании в барокамере по режиму лечебной рекомпрессии // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2005. Т. 39, № 5. С. 31–36 [Popova Yu. A., Buravkova L. B., Pavlov B. N. Metabolic and hormonal parameters of humans during long-term hyperbaric exposure (the recompression treatment table). *Aerospace and environmental medicine*, 2005, Vol. 39, No 5, pp. 31–36 (In Russ.)].
35. Зайцева Е. Л., Доронина Л. П., Молчков Р. В., Воронкова И. А., Митиш В. А., Токмакова А. Ю. Влияние терапии отрицательным давлением на репаративные процессы в мягких тканях нижних конечностей у пациентов с нейропатической и нейроишемической формами синдрома диабетической стопы // *Сахарный диабет*. 2014. (3). С. 113–121. doi: 10.14341/DM20143113-121 [Zaitseva E. L., Doronina L. P., Molchkov R. V., Voronkova I. A., Mitish V. A., Tokmakova A. Yu. The effect of negative pressure therapy on reparative processes in the soft tissues of the lower extremities in patients with neuropathic and neuroischemic forms of diabetic foot syndrome. *Diabetes mellitus*, 2014. (3). pp. 113–121 (In Russ.)].
36. Мекшина Л. А., Усынин В. А., Столяров В. В., Усынин А. Ф. Применение тепловидения в диагностике облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей // *Сибирский медицинский журнал*. 2012. Т. 27, № 2. С. 15–22 [Mikeshina L. A., Usynin V. A., Stolyarov V. V., Usynin A. F. The use of thermal imaging in the diagnosis of obliterating diseases of the arteries of the lower extremities. *Siberian Medical Journal*, 2012, Vol. 27, No. 2, pp. 15–22 (In Russ.)].
37. Мироманов А. М., Миронова О. Б., Усков С. А., Намоконов Е. В., Шаповалов К. Г. Динамика показателей микроциркуляции и компонентов сосудистого тонуса у больных с неосложненным и осложненным течением переломов длинных трубчатых костей в раннем послеоперационном периоде // *Бюллетень СО РАМН*. 2011. Т. 31, № 3. С. 12–17 [Miromanov A. M., Mironova O. B., Uskov S. A., Namokonov E. V., Shapovalov K. G. Dynamics of microcirculation parameters and vascular tone components in patients with uncomplicated and complicated course of fractures of long tubular bones in the early postoperative period. *Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2011, Vol. 31, No. 3, pp. 12–17 (In Russ.)].
38. Митиш В. А., Мединский П. В., Налбандян Р. Т., Никонов А. В. Лечение отрицательным давлением открытых переломов у детей // *Тезисы международной научно-практической конференции «Вакуумная терапия ран у детей и взрослых»*. Москва. 2013. С. 43–44 [Mitish V. A., Medinsky P. V., Nalbandian R. T., Nikonov A. V. Negative pressure treatment of open fractures in children. *Abstracts of the international scientific and practical conference «Vacuum wound therapy in children and adults»*. Moscow, 2013, pp. 43–44 (In Russ.)].
39. Семенова А. Е., Марьяновская Ю. В. Разработка методов вакуумной терапии при заболеваниях конечностей // *Вестник Новгородского государственного университета*. 2015. № 86. Ч. 1. С. 72–75 [Semenova A. E., Maryanovskaya Yu. V. Development of vacuum therapy methods for limb diseases. *Bulletin of the Novgorod State University*, 2015, No. 86, Part 1, pp. 72–75 (In Russ.)].
40. Писарев В. В., Львов С. Е., Васин И. В. Показатели регионарной гемодинамики раннего послеоперационного периода при остеосинтезе переломов костей голени // *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2012. Т. 17, № 4. С. 34–37 [Pisarev V. V., Lvov S. E., Vasin I. V. Indicators of regional hemodynamics of the early postoperative period in osteosynthesis of fractures of the shin bones. *Bulletin of the Ivanovo Medical Academy*, 2012, Vol. 17, No. 4, pp. 34–37 (In Russ.)].
41. Калинин А. В., Мельничук Н. В., Калашникова О. М., Кравцов А. Г., Мельничук А. В., Данилова-Перлей В. И., Мельничук В. И. Применение метода абдоминальной декомпрессии в реабилитации ветеранов спорта после тотального эндопротезирования коленного сустава // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2020. 22(2). С. 199–213 [Kalinin A. V.,

- Melnichuk N. V., Kalashnikova O. M., Kravtsov A. G., Melnichuk A. V., Danilova-Perley V. I., Melnichuk V. I. Application of abdominal decompression method in rehabilitation of sports veterans after total knee replacement. *Emergency medicine*, 2020, 22(2), pp. 199–213 (In Russ.).
42. Кирьянова В. В., Макаров Е. А., Чабан А. А. Абдоминальная декомпрессия в лечении больных дорсопатией поясничного отдела позвоночника в период обострения. СПб.: Изд-во СЗГМУ И. И. Мечникова. 2017. 32 с. [Kiryanova V. V., Makarov E. A., Chaban A. A. Abdominal decompression in the treatment of patients with dorsopathy of the lumbar spine during exacerbation. St. Petersburg: Publishing house of the NWSMU I. I. Mechnikov, 2017, 32 p. (In Russ.).]
43. Blecher J. A., Heyns O. S. Abdominal decompression in the treatment of the toxæmias of pregnancy // *Lancet*. 1967. No. 2(7517). pp. 621–624.
44. Heyns O. S. Abdominal decompression in the first stage of labour // *J. Obstetr. Gynecol.* 1959. Vol. 66. P. 220.
45. Боровкова Л. В., Воронина И. Д. Абдоминальная декомпрессия в профилактике плацентарной недостаточности у беременных с анемией // *Медицинский альманах*. 2012. № 5 (24). С.33–34 [Borovkova L. V., Voronina I. D. Abdominal decompression in the prevention of placental insufficiency in pregnant women with anemia. *Medical almanac*, 2012, No. 5 (24), pp. 33–34 (In Russ.).]
46. Седлецкая Н. Н., Седлецкая Э. Ю., Юрков И. В. Абдоминальная декомпрессия в лечении гипоксии плода. СПб: Нелекарственная медицина. 2010. № 1. С. 65–66 [Sedletskaia N. N., Sedletskaia E. Yu., Yurkov I. V. Abdominal decompression in the treatment of fetal hypoxia. St. Petersburg: Non-medicinal medicine, 2010, No. 1, pp. 65–66 (In Russ.).]
47. Воронина И. Д., Боровкова Л. В. Влияние абдоминальной декомпрессии на активность процессов свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты у беременных с железодефицитной анемией // *Современные тенденции развития науки и технологий*. 2017. № 2–4. С. 22–27 [Voronina I. D., Borovkova L. V. Effect of abdominal decompression on the activity of free radical oxidation and antioxidant protection in pregnant women with iron deficiency anemia. *Modern trends in the development of science and technology*, 2017, No. 2–4, pp. 22–27 (In Russ.).]
48. Гайдуков С. Н., Резник В. А., Виноградов М. В. Влияние абдоминальной декомпрессии на маточно-плацентарный и плодовой кровоток при гестозе // *Охрана материнства и детства*. 2013. № 1 (46). С. 93–95 [Gaydukov S. N., Reznik V. A., Vinogradov M. V. The effect of abdominal decompression on uteroplacental and fetal blood flow in gestosis. *Protection of motherhood and childhood*, 2013, No. 1 (46), pp. 93–95 (In Russ.).]
49. Семенова А. Е., Марьяновская Ю. В. Разработка методов вакуум-градиентной физиотерапии при заболеваниях конечностей // *Вестник Новгородского государственного университета*. 2015. № 86, Ч. 1. С. 72–75 [Semenova A. E., Mar'yanovskaya Yu. V. The development of methods of vacuum gradient physiotherapy for diseases of the extremities. *Bulletin of the Novgorod State University*, 2015, No. 86, Part 1, pp. 72–75 (In Russ.).]
50. Семенова А. Е. Опыт применения вакуум-градиентной терапии в ортопедии и неврологии мелких домашних животных // *Международный вестник ветеринарии*. 2015. № 4. С. 47–51 [Semenova A. E. Experience of using vacuum-gradient therapy in orthopedics and neurology in small animals. *International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2015, No. 4, pp. 47–51 (In Russ.).]
51. Алистратова Ф. И., Скопичев В. Г. Физиологические механизмы компенсации кислородной задолженности при восстановлении функционального состояния в ходе интенсивных тренировок // *Международный вестник ветеринарии*. 2015. № 4. С. 40–46 [Alistratova F. I., Skopichev V. G. Physiological mechanisms of compensation of oxygen debt during restoration of functional state during intensive training. *International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2015, No. 4, pp. 40–46 (In Russ.).]
52. Мясников А. А., Юрьев А. Ю., Шитов А. Ю., Панченкова И. А., Жичкина Л. В. Динамика неспецифических адаптационных реакций при гипербарической оксигенации // *Медицинское обеспечение сил флота в условиях Кольского Заполярья: материалы 6 научно-практической конференции, посвящённой 75-летию образования 1469 военно-морского клинического госпиталя Северного флота*. 29–30 сентября 2011 г., Североморск: «Север», 2011. С. 226–228 [Myasnikov A. A., Yuryev A. Yu., Shitov A. Yu., Panchenkova I. A., Zhichkina L. V. Dynamics of nonspecific adaptive reactions in hyperbaric oxygenation // *Medical support of the fleet forces in the conditions of the Kola Arctic: materials of the 6th scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the formation of the 1469 Naval Clinical Hospital of the Northern Fleet*. September 29–30, 2011, Severomorsk: «North», 2011, pp. 226–228 (In Russ.).]
53. Шитов А. Ю., Юрьев А. Ю., Панченкова И. А. Молекулы средней массы как показатель действия факторов повышенного давления газовой среды на организм // *Медицинское обеспечение сил флота в условиях Кольского Заполярья: материалы 6 научно-практической конференции, посвящённой 75-летию образования 1469 военно-морского клинического госпиталя Северного флота*. 29–30 сентября 2011 г., Североморск: «Север», 2011, С. 231–233 [Shitov A. Yu., Yuryev A. Yu., Panchenkova I. A. Medium-weight molecules as an indicator of the effect of factors of increased pressure of the gaseous medium on the body // *Medical support of the fleet forces in the conditions of the Kola Arctic: materials of the 6th scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the formation of the 1469 Naval Clinical Hospital of the Northern Fleet*. September 29–30, 2011, Severomorsk: «North», 2011, pp. 231–233 (In Russ.).]
54. Кочергин И. А., Марьяновская Ю. В. Влияние локальной абдоминальной декомпрессии на микроархитектонику лимфоидной ткани ассоциированной с желудком и кишечником и стимуляцию абдоминального иммунного ответа // *Вестник Новгородского государственного университета*. 2014. № 76. С. 9–12. [Kochergin I. A., Mar'yanovskaya Yu. V. Influence of local abdominal decompression on microarchitectonics of the gut associated lymphoid tissue and on stimulation of the abdominal immune response. *Bulletin of the Novgorod State University*, 2014, No. 76, pp. 9–12 (In Russ.).]
55. Поваренкова А. Г., Жичкина Л. В. Изучение некоторых физиологических показателей у крыс при локальной декомпрессии на фоне отравления фосфаколом // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2009. № 2 (2). С. 18–21

- [Povarenkova A. G., Zhichkina L. V. The study of some physiological parameters of rats with local decompression associated with Phosphacolum poisoning. *Current issues of veterinary biology*, 2009, No. 2 (2), pp. 18–21 (In Russ.)].
56. Скопичев В. Г., Жичкина Л. В., Фарафонтова В. С., Касумов М. К. Применение локальной декомпрессии и энтеросорбентов для лечения хронической почечной недостаточности // *Ветеринарная практика*. 2006. № 1(32). С. 17–21 [Skopichev V. G., Ghichkina L. V., Farafontova V. S., Kasumov M. K. Application of a local decompression and enterosorbents for treatment of chronic renal failure. *Veterinary Practice*, 2006, No. 1(32), pp.17–21 (In Russ.)].
57. Кочергин И. А. Содержание иммуноглобулинов в сыворотке крови крыс после локальной абдоминальной декомпрессии // *Международный вестник ветеринарии*. 2013. № 1. С. 59–60 [Kochergin I.A. The content of immunoglobulins in the blood serum of rats after local abdominal decompression. *International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2013, No. 1, pp. 59–60 (In Russ.)].
58. Шитов А. Ю., Зверев Д. П., Мясников А. А., Андрусенко А. Н., Чернов В. И., Кленков И. Р., Исрафилов З. М., Колчанов С. П. Физиологическое обоснование способов профилактики нарушений водно-электролитного обмена у водолазов // *Военно-медицинский журнал*. 2024. Т. 345, № 11. С. 54–68 [Shitov A. Yu., Zverev D. P., Myasnikov A. A., Andrusenko A. N., Chernov V. I., Klenkov I. R., Israfilov Z. M., Kolchanov S. P. Physiological substantiation of methods for preventing disturbances of water-electrolyte metabolism in divers. *Military Medical Journal*, 2024, Vol. 345, No. 11, pp. 54–68 (In Russ.)]. doi: [http://doi.org/10.52424/00269050\\_2024\\_345\\_11\\_54](http://doi.org/10.52424/00269050_2024_345_11_54).
59. Шитов А. Ю. Молекулы средней массы как показатель «гипербарической интоксикации» у водолазов // *Альманах клинической медицины*. 2013. № 28. С. 48–52 [Shitov A. Yu. Molecules of average mass as an indicator of «hyperbaric intoxication» in divers. *Almanac of clinical medicine*, 2013, No. 28, pp. 48–52 (In Russ.)].