

УДК 796.01:615.8+616.9

ГЕМОФИЗИОТЕРАПИЯ В ЭПОХУ COVID: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Д. К. Зубовский, канд. мед. наук,

Белорусский государственный университет физической культуры;

Н. Г. Кручинский, д-р мед. наук, профессор,

Учреждение образования «Полесский государственный университет»;

Т. М. Брук, д-р биол. наук, профессор,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма»

Аннотация

У большинства инфицированных SARS-CoV-2 клиническое течение заболевания определяется чрезмерной реакцией иммунной системы с выбросом несбалансированного количества провоспалительных цитокинов и развитием коагулопатии. Медикаментозная терапия COVID-19 носит неспецифический характер и во многих случаях не является эффективной. В связи с этим перспективным и эффективным компонентом лечения и медицинской реабилитации при COVID-19 может стать использование технологий физиотерапии, основанных на воздействии физическими факторами на кровь – гемофизиотерапия.

HAEMOPHYSIOTHERAPY DURING THE COVID ERA: OPPORTUNITIES AND PROSPECTS

Abstract

In the majority of patients infected with SARS-CoV-2, the clinical course of the disease is defined by an overreaction of the immune system with the release of unbalanced amounts of pro-inflammatory cytokines and the development of coagulopathy. COVID-19 pharmacological therapy is non-specific and in many cases is not effective. In this regard, the use of physiotherapy techniques based on the effects of physical factors on the blood - haemophysiotherapy - can be a promising and effective component of treatment and medical rehabilitation for COVID-19.

11 марта 2020 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила о пандемии тяжелого острого респираторного синдрома (SARS), вызванного коронавирусом типа 2 (SARS-CoV-2), введя термин

«коронавирусная болезнь 2019» (COVID-19). Считается установленным, что основной мишенью для SARS-CoV-2 является рецептор ангиотензинпревращающего фермента (АПФ) клеток альвеолярного эпителия, в цитоплазме которых происходит репликация вируса с последующим развитием тяжелой пневмонии и SARS.

Одним из основных факторов тяжелого развития заболевания считается «цитокиновый шторм» – чрезмерная реакция компонентов врожденного иммунитета с выбросом несбалансированного количества провоспалительных цитокинов [1]. В этом процессе выделяют роль интерлейкина-6 (IL-6), активаторов его экспрессии – интерлейкина-1 β (IL-1 β) и фактора некроза опухоли- α (TNF- α), а также – интерлейкина-2 (IL-2) [2]. Подчеркивается прямая корреляция уровней этих цитокинов с тяжестью

Другой важнейшей особенностью патогенеза заболевания является COVID-19-ассоциированная коагулопатия [4]. Среди ее механизмов особую роль отводят выраженной активации тромбоцитов [5], связывая темпы и масштабы агрегации с тяжестью заболевания и смертностью при COVID-19. Респираторную дисфункцию и гипоксемию усугубляют также нарушения реологических свойств крови, к которым ведут уменьшение подвижности, ухудшение деформируемости и увеличение агрегации эритроцитов [6]. Важным аспектом гипоксемии при COVID-19 может явиться нарушение под воздействием вируса способности гемоглобина транспортировать кислород, что связывают с вытеснением из молекулы гемоглобина атома двухвалентного железа и практически – разрушением гемоглобина внутри эритроцита [7].

Несмотря на разработанное ВОЗ временное руководство по клиническому ведению случаев COVID-19 от 27 мая 2020 г., препаратов для лечения заболевания с доказанной эффективностью пока нет. В отсутствие на данный момент этиотропного лечения COVID-19 основное значение приобретают противовоспалительная и иммуномодулирующая терапия, направленная на ключевые факторы патогенеза возникающих состояний. Это – глюкокортикостероиды (ГКС), моноклональные антитела (мАТ) к рецепторам интерлейкинов и другие группы препаратов. Применение ГКС, как давно известно, связано с риском вторичной инфекции. Большая опасность состоит также в способности ГКС повышать концентрацию факторов свертывания и фибриногена и тем самым вызывать тромбозы. Кроме того, ГКС-терапия может способствовать так называемому длительному синдрому COVID, который проявляется усталостью, миопатией и даже психическими расстройствами. В целом данные об эффективности ГКС при лечении COVID-19 признаются неубедительными, как и при лечении других тяжелых респираторных вирусных инфекций (SARS, MERS и др.) [8]. Также указывается на недостаточную эффективность таргетных мАТ в подавлении «цитокинового шторма». Главная же сложность состоит в возможности мутаций с последующими изме-

нениями в структуре спайковых белков SARS-CoV-2, что и может влиять на эффективность доступных в настоящее время МАТ [9].

Второе направление лечения COVID-19 – антикоагулянтная терапия. В настоящее время назначение профилактических доз низкомолекулярных гепаринов считается показанным всем госпитализированным пациентам. Среди рисков здесь, прежде всего, отмечается угроза развития гепарин-индуцированной тромбоцитопении и кровотечения. В связи с этим подчеркивается необходимость проведения дополнительных исследований, чтобы получить убедительные доказательства безопасного совместного использования гепарина и ГКС для лечения осложнений COVID-19 в связи с возможностью клинически значимых взаимодействий обеих групп этих препаратов [10].

Учитывая продолжающееся обсуждение возможностей фармакотерапии COVID-19, мы акцентируем внимание на использовании технологий физиотерапии, основанных на воздействии физическими факторами на кровь *in vivo* или *in vitro* (экстракорпорально) – гемофизиотерапии (ГФТ). Для этого при различной патологии наиболее часто применяют магнитные поля (МП), ультрафиолетовое и низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ). Преимуществом ГФТ перед иными методиками физиотерапии является возможность достижения при низкой энергетической нагрузке и отсутствии побочных реакций гомеостатического эффекта, обусловленного прямым воздействием на кровь – основную транспортную, полифункциональную среду организма с дальнейшим развитием широкого спектра системных модулирующих (нормализующих) клинических проявлений ГФТ [11].

Исходя из собственного научно-практического опыта в спортивной и клинической медицине, авторы считают актуальным и перспективным применения ГФТ в протоколах лечения и реабилитации больных COVID-19.

Гемоманнитотерапия (ГМТ) – воздействие низкочастотным (до 50 Гц), низкоинтенсивным (до 70 мТл) импульсным МП на кровь человека. Основой воздействия МП на движущуюся кровь считается взаимодействие внешнего МП и собственного МП электрического заряда структур крови и наведение в них электродвижущей силы индукции, вызывающей электрохимические воздействия на молекулярные рецепторные системы клеток крови и сосудистой стенки [12]. Доказано, что ГМТ благоприятно влияет на системы реологии и гемостаза, состояние крово- и лимфообращения в микроциркуляторном русле, иммунореактивные и нейровегетативные процессы и реализуется в виде гипотензивного, противовоспалительного, противоотечного, антиспастического, трофико-регенераторного, гипополидемического, антиоксидантного и других эффектов.

Одним из основных критериев, определяющих уровень адаптации кислороднотранспортной системы и организма к высоким физическим

нагрузкам, и факторами, лимитирующими уровень общей работоспособности спортсмена, являются состояние систем гемостаза и реологии крови. Нами было установлено [13, 15], что проведение курса процедур ГМТ у спортсменов-представителей циклических видов спорта способствовало разрешению выраженной исходной гиперкоагуляции во всех фазах процесса свертывания крови. Так, значения исследуемых параметров: активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), протромбиновый индекс (ПТИ) и международное нормализованное соотношение (МНО), а также концентрация фибриногена и растворимых комплексов мономеров фибрина (РКМФ) после курса процедур ГМТ были приведены к уровням, практически не отличающимся от контрольных и, в сочетании с достоверным увеличением количества тромбоцитов, сохранялись в течение 4–6 недель. При этом снижение исходно повышенного в сыворотке крови уровня маркера гипоксии – эритропоэтина свидетельствовало об уменьшении уровня гипоксемии – основного раздражителя эритрона при высоких физических нагрузках. Антигипоксическое действие курса ГМТ подтверждено статистически достоверным повышением среднего содержания гемоглобина и средней концентрации гемоглобина в одном эритроците.

Улучшение кислородтранспортных возможностей крови у спортсменов после курсового применения ГМТ косвенно подтверждено результатами простейшей пробы с максимальной произвольной задержкой дыхания (МПЗД) на высоте вдоха (проба Штанге) с определением уровня сатурации артериальной крови. Так, после ГМТ было выявлено достоверное увеличение времени МПЗД. При этом значение показателя устойчивости к гипоксии (УГ) (частное от деления ЧСС за 30 с после МПЗД на выдохе на время задержки дыхания в секундах) сразу после окончания курса процедур ГМТ достоверно снизилось за счет увеличения времени задержки дыхания в среднем на 20–25 %, а в течение последующих 2 недель – на 36–42 % по отношению к исходному показателю. Дополнительный синергичный эффект ГМТ состоял в увеличении объемной скорости кровотока. Так, достоверный рост показателя ударного объема крови и снижение общего периферического сосудистого сопротивления в покое и при нагрузке свидетельствовали об улучшении сократительной функции миокарда и состояния сосудистой резистентности [11].

Подобные результаты получены и другими авторами, когда даже однократное применение низкочастотного, низкоинтенсивного импульсного МП в эксперименте вызывало увеличение содержания гемоглобина в эритроцитах, активацию антиоксидантной системы, стимуляцию показателей клеточного звена иммунитета [15]; увеличение насыщения крови кислородом и сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо [40]. Это в особенности актуально в связи с сообщениями о том, что одной из главных мишеней SARS-CoV-2 являются переносчики кислорода – эритроциты [17].

В работах, связанных с применением ГМТ в комплексном лечении распространенного атеросклероза [18–20], нами также была выявлена реокорректирующая направленность ГМТ. Так, после включения ГМТ в комплексное лечение отмечались: увеличение АЧТВ, уменьшение величины ПТИ, удлинение ТВ при снижении концентрации РКМФ. Антиагрегантное действие ГМТ на тромбоцитарное звено гемостаза проявилось снижением параметров, характеризующих активированные тромбоциты (Тр.): PLT clumps (слипшиеся Тр.) и Large PLT (большие Тр.). При этом все корреляционные связи оказались статистически значимыми. Помимо этого отмечалось статистически достоверное усиление фибринолитического потенциала крови по тесту эуглобулинзависимого фибринолиза (ЭЗФ). Отсутствие же изменений по тесту хагеманзависимого фибринолиза при укорочении времени ЭЗФ расценено как благоприятный признак, т.к. не является результатом контактной активации. Включение ГМТ в комплекс лечения приводило к снижению значений как среднего объема эритроцита, так и их распределения по объему, что может рассматриваться как признак обновления красного кровяного ростка. Динамика показателей вязкости крови как при высоких (200 и 100 с⁻¹), так и при низких (20 с⁻¹) скоростях сдвига, указывала на устранение состояния гипервязкости и уменьшение жесткости эритроцитарных мембран.

Таким образом, энергетическое воздействие ГМТ, изменяя функционально-метаболическое состояние эритроцитов, снижало суспензионную устойчивость крови [13]. В этом контексте сошлемся на исследование [21], продемонстрировавшее достоверное повышение после курса процедур ГМТ электрофоретической подвижности эритроцитов у пациентов с ревматоидным артритом, что сказывалось на снижении вязкости крови. Данная ссылка приведена в связи с мнением о патогенетическом сходстве в развитии иммунопатологии при COVID-19 и ревматических заболеваниях [22].

Наши исследования динамики уровней цитокинов – ИЛ-1 β , ИЛ-6, ФНО- α у больных распространенным атеросклерозом под влиянием ГМТ свидетельствовали об ингибирующем действии ГМТ на продукцию указанных субстанций, исходные уровни которых были повышены. Наиболее выраженный характер носило статистически достоверное снижение уровня ФНО- α и ИЛ-1 β [23]. Считается установленным, что синтез цитокинов, в том числе ИЛ-1 β и ФНО- α , связан с белками «острой» фазы воспаления. Купирование этих патофизиологических механизмов и ликвидация эндотоксинемии с помощью комплексной терапии, включающей ГМТ, объясняет, на наш взгляд, такую динамику содержания ФНО- α и ИЛ-1 β . Кроме этого, к первичным физико-химическим эффектам МП относят ориентационную перестройку металлопротеидов [12], а в процессинге ФНО- α участвует мембранная металлопротеиназа ADAM17, обеспечивающая в физиологических условиях выход некоторых мембранных белков во внеклеточный матрикс или кровотоки. Предполагается, что активация ADAM17 от клеточной мембраны АПФ-2 – молекулу входа в клетки SARS-Cov-2 [24],

что в условиях ГМТ может снизить скорость распространения COVID-19 в организме.

Также известно, что многофункциональный провоспалительный цитокин ФНО- α представляет собой белок с молекулярной массой около 26 кД, а, как показано нами ранее [20, 23], динамика изменения концентрации «средних молекул» после ГМТ является косвенным показателем улучшения перфузии микроциркуляторного русла и активации органов естественной детоксикации под влиянием низкочастотного МП.

Оценка иммунного статуса спортсменов после курса ГМТ выявила ее положительное влияние на содержание иммунорегуляторных клеток [25]. Так было отмечено достоверное повышение относительного и абсолютного количества Т-хелперов (CD-4), а также достоверное снижение относительного и абсолютного количества Т-супрессоров (CD-8), что приводило к увеличению иммунорегуляторного индекса. Величина выявленных показателей определялись уровнем тренированности спортсменов, поэтому и выраженность корригирующего влияния ГМТ на иммунорегуляторные субпопуляции лимфоцитов была большей у спортсменов высокого уровня тренированности.

Таким образом, мы подчеркиваем, что формирование позитивных структурно-функциональных изменений со стороны иммунного статуса, а также систем реологии и гемостаза у больных COVID-19 может быть реализовано под влиянием ГМТ.

Другим методом ФГТ является *лазерное облучение крови* (ЛОК), в основе которого лежит воздействие на кровь монохроматических когерентных излучений, являющихся электромагнитными волнами различных диапазонов. Также широко используется магнитолазеротерапия (МЛТ) – сочетанное воздействие на определенные точки, зоны, ткани и кровь НИЛИ и МП в постоянном или импульсном режиме.

В основе терапевтической эффективности ЛОК лежит избирательное поглощение монохроматического и когерентного НИЛИ хроматофорными молекулярными и клеточными структурами крови, сопровождающееся каскадным изменением их энергетического и функционального состояния с последующей активацией биоэлектрических и биосинтетических процессов на органном и системном уровнях. Считается, что основными акцепторами НИЛИ в крови являются: молекулы нуклеиновых кислот, кислород, ферменты аэробной дыхательной цепи, восстановленные формы цитохромов, антиоксидантные ферменты; коферменты (никотинамидадениндинуклеотид, рибофлавин) и др. [26].

При МЛТ эффект НИЛИ усиливается в МП за счет увеличения поглощения инфракрасного излучения возникающими в МП молекулярными диполями, среди которых чаще называется молекула воды. Сочетанное воздействие ведет к уменьшению ее оптической плотности и к дозозависимому увеличению количества связанной воды

в различных компонентах крови, прежде всего в мембранах эритроцитов, улучшая их структурно-функциональное состояние [12].

Патогенетическое содружество эндотелиальной дисфункции, воспаления, тромбоза и облитерации микрососудов играет решающую роль в развитии нарушений микроциркуляции (МКЦ) вследствие шунтирования крови в невентилируемых участках легочной ткани и наступления гипоксемии практически у всех пациентов с COVID-19, даже при отсутствии признаков SARS [27].

Нашими исследованиями [28] установлено, что ЛОК вызывает улучшение МКЦ за счет нормализации артериоло-венулярных соотношений, ликвидации спастико-атонических состояний на уровне пре- и посткапилляров, раскрытия ранее не функционировавших капилляров, образования новых микрососудов и увеличения плотности капиллярной сети, а также уменьшения агрегации эритроцитов и др. Так, по данным лазерной доплеровской флоуметрии у спортсменов после курсового воздействия НИЛИ на шею симметрично с обеих сторон в области сонного треугольника достоверно на 38–40 % повысился такой параметр МКЦ, как уровень перфузии. Веским доказательством антигипоксического эффекта было статистически достоверное повышение на 14–16% уровня насыщения кислородом крови в микроциркуляторном русле. На улучшение диффузии кислорода из крови в ткани указывало достоверное повышение на 49–52 % расчетного показателя утилизации кислорода тканями. У спортсменов контрольной группы рост данного показателя практически отсутствовал. Также было выявлено повышение под влиянием ЛОК пропускной способности микроциркуляторного русла, обусловленное дилатацией микрососудов разного диаметра, что было связано со снижением у спортсменок на 51–53 % тонуса миоцитов.

Одним из видов регуляции системы кровообращения является вегетативная экстракардиальная гуморальная и нервно-рефлекторная регуляция насосной функции сердца и сосудистого тонуса. В связи с тем, что кровеносные капилляры не имеют гладкой мускулатуры, регулирование капиллярного кровообращения осуществляется через нейрогуморальную регуляцию тонуса артериол. Мы установили, что увеличение просвета артериол после ЛОК происходило в результате снижения тонической симпатической импульсации, поступающей к гладкомышечным клеткам сосудов со стороны бульбарного сосудодвигательного центра. По данным вейвлет-анализа, показатель нейрогенного тонуса достоверно снижался на 40 % [28].

Еще работами специалистов школы Р.М. Баевского установлено, что высокая активность нейрогенных симпатических влияний усиливает энергодефицитное состояние головного мозга, которое усугубляется гипоксией. Вызванные ею нарушения метаболизма, дисфункция митохондрий и катаболическая направленность энергетического обмена в центральной нервной системе, наряду с проникновением вируса в нервные клетки, определяют неврологическую симптоматику у пациентов с COVID-19 [29].

В этой связи укажем на возможность модулирующего влияния ЛОК на энергетический обмен ЦНС. Особенности общих и локальных энергозатрат, связанных с функциональным состоянием головного мозга, мы изучали с помощью оценки уровня постоянных потенциалов (УПП) головного мозга [30]. После курсового воздействия НИЛИ у спортсменов метаболическая активность мозга усиливалась: по сравнению с исходным состоянием наблюдалось достоверное увеличение показателя УПП на 94 % в лобной области, на 109 % в центральной, на 33% в затылочной и 29 % в левой височной областях. Наши наблюдения подтверждаются данными изучения лазерно-индуцированной оксигенации биотканей и увеличения под влиянием ЛОК энергетического потенциала клетки [31]

Кислородтранспортная система организма и его оксигенация начинается с системы внешнего дыхания. Учитывая, что под воздействием SARS-CoV-2 изменяется газообмен в легких и развивается их острое поражение, значительный интерес представляют полученные нами данные о влиянии ЛОК на состояние системы внешнего дыхания и показателей газообмена. Установлено, что при нагрузках анаэробного характера после курса процедур ЛОК у спортсменов наблюдался достоверно значимый прирост показателя легочной вентиляции (7,4 %), а процент потребления кислорода при этом имел тенденцию к снижению. Отметим достоверное снижение на 5,6 % индекса обмена дыхательных газов, что свидетельствует о повышении эффективности дыхательного ресинтеза АТФ в мышечных клетках [32].

Таким образом, в разделе о ЛОК отображен системный ответ периферического кровообращения на воздействие НИЛИ: увеличение перфузии обменного звена микроциркуляторного русла, облегчение диффузии кислорода из крови в ткани и рост эффективности использования кислорода в клетке; повышение метаболической активности нейронов отдельных областей коры больших полушарий; позитивное влияние на показатели легочной вентиляции и др. В результате курса процедур ЛОК возростала адаптационная устойчивость организма и расширялись его функциональные возможности, что способствовало повышению специальной физической работоспособности спортсменов.

Полученные нами результаты перекликаются с немногочисленными исследованиями сходной тематики. Так, курс процедур ЛОК у больных различными хроническими заболеваниями улучшал функциональное состояние сосудистого эндотелия по уровням метаболитов оксида азота; нормализовал некоторые показатели гемореологии и микроциркуляции и оказывал нормализующее действие на систему цитокинов независимо от их исходного уровня [33]. Исследования свидетельствуют о связи иммуномодулирующего эффекта ЛОК с активацией функции центрального органа иммунной системы – тимуса и стимуляцией продуцирования тимического сывороточного фактора, рост которого отмечается в плазме крови уже

ко 2-й процедуре ВЛОК [34]. Описывая эффективность ЛОК у пациентов с ишемической болезнью сердца, осложненной хронической сердечной недостаточностью, авторы [35] указывают на снижение уровня ФНО- α и ИЛ-6.

Современные обзоры, представленные физиотерапевтическим сообществом, отображают опыт и рекомендации исключительно по кардиореспираторной физиотерапии и реабилитации при COVID-пневмонии и SARS (магнито- и лазеротерапия на грудную клетку; электростимуляция дыхательных мышц, гипербарическая оксигенотерапия, ингаляции и др.). Многие работы носят экспериментальный характер. Все это указывает на неизученность данной проблематики и необходимость в эпоху COVID развития персонализированной физиотерапии, направленной на индивидуализацию лечения и реабилитации.

Заключение

В современной физиотерапии для коррекции функциональных расстройств, тренировки отдельных функций и лечения ряда патологических состояний активно используются технологии гемофизиотерапии.

Вопросам лечения COVID-19 посвящена ставшая уже трудно обозримой литература. Вместе с тем в медицинском сообществе существует определенный скептицизм относительно биологических, физиологических и лечебных свойств лечебных физических факторов в целом, и при воздействии МП и НИЛИ на кровь человека – в частности. Это, а также то, что методы ГФТ обладают многообразным действием на организм, объясняет подготовку данной небольшой по объему публикации по ГФТ как перспективного и эффективного компонента лечения и медицинской реабилитации при COVID-19. Мы попытались отобрать наиболее актуальные сведения и результаты, изложить все необходимое в доступной форме.

Как показывает наш научно-педагогический и клинический опыт, технологии ГФТ эффективнее традиционных методик физиотерапии в лечении основных проявлений COVID-19, что диктует целесообразность более широкого использования ГФТ в лечебно-профилактических и реабилитационных учреждениях.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что это направление в физиотерапии требует дальнейшего изучения с позиций доказательной медицины, углубления научных основ ГФТ, расширения спектра сочетающихся с ГФТ физических факторов и совершенствования технических средств для реализации таких технологий.

Список использованных источников

1. COVID-19 in the heart and the lungs: could we 'Notch' the inflammatory storm? / P. Rizzo [et al.] // Basic Research in Cardiology. – 2020. – Vol. 115, № 3. – P.31–39.

2. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China / C. Huang [et al.] // *Lancet*. – 2020. – Vol. 395. – P. 497–506.

3. The vascular endothelium: the cornerstone of organ dysfunction in severe SARS-CoV-2 infection / S. Pons [et al.] // *Crit Care*. – 2020. – № 24, 353 (2020). – Mode of access: [https:// https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-020-03062-7](https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-020-03062-7) – Date of access: 20.12.2020.

4. COVID-19-ассоциированная коагулопатия: обзор современных рекомендаций по диагностике, лечению и профилактике / К.В. Лобастов [и др.] // *Стационарозамещающие технологии: Амбулаторная хирургия* / 2020. – № 3–4. – С. 1–16

5. Manne, V.K. Platelet gene expression and function in patients with COVID-19 / V.K. Manne, F. Denorme, E.A. Middleton // *Blood*. – 2020. – Vol. 136(11). – P. 1317–1329.

6. Нарушения реологических свойств эритроцитов у пациентов с COVID-19 / Н.Н. Карякин [и др.] // *Медицинский альманах*. – 2020. – № 3 (64). – С. 52–56.

7. Wenzhong, L.COVID-19: attacks the 1-beta Chain of hemoglobin and captures the por-phyrin to inhibit human heme metabolism / L. Wenzhong, L. Hualan // *ChemRxiv*. – 2020. – Mode of access: <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.11938173:v6>. – Date of access: 05.03.2021.

8. Role of adjunctive treatment strategies in COVID-19 and a review of international and national clinical guidelines / X. Xu [et al.] // *Military Medical Research*. – 2020.

9. Monoclonal Antibodies for COVID-19 / E.C. Lloyd [et al.] // *JAMA*. – February 5, 2021. – Mode of access: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2776307>. – Date of access: 20.02.2021.

10. Heparin as a therapy for COVID-19: current evidence and future possibilities (Review) / JA Hippensteel [et al.] // *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*. – 2020. – Vol. 319, issue 2. – P. 211–217.

11. Зубовский, Д.К. Введение в спортивную физиотерапию / Д.К. Зубовский, В.С. Улащик. – Минск, 2009. – 235 с.

12. Пономаренко, Г.Н. Физиотерапия: молекулярные основы / Г.Н. Пономаренко, В.С. Улащик. – СПб., 2014. – 288 с.

13. Влияние метода гемоманнитотерапии на состояние системы гемостаза у спортсменов разной квалификации / Н.Г. Кручинский [и др.] // *Эфферентная терапия*. – 2006. – Т.12, №4. – С. 56–61.

14. Зубовский, Д.К. Гемоманнитотерапия – метод коррекции нарушений функции тромбоцитарного звена гемостаза у спортсменов / Д.К. Зубовский // *Мир спорта*. – 2006. – №3. – С. 67–71.

15. Лабынцева, О.М. Комбинированное воздействие нормобарической гипоксии и импульсного магнитного поля на неспецифическую резистентность и устойчивость организма крыс к острой гипоксической гипоксии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / О.М. Лабынцева; РФЯЦ – ВНИИЭФ. – Н. Новгород, 2008. – 25 с.

16. Лепеев, В.О. Кислородсвязывающие свойства крови при действии переменным магнитным полем в условиях изменения образования монооксида азота и сероводорода: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.03.01 / В.О. Лепеев ; БГМУ. – Минск, 2018. – 23 с.

17. Liu, W. COVID-19: Attacks the 1-Beta Chain of Hemoglobin and Captures the Porphyrin to Inhibit Human Heme Metabolism / W. Liu, H. Li. // ChemRxiv. – 2020. – Mode of access: <https://chemrxiv.org/ndownloader/files/22283226> – Date of access: 20.12.2020.

18. Экспресс-оценка реологических свойств крови и методы коррекции их нарушений у пациентов с атеросклерозом: методич. рекомендации / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, БелНИИ экол. и проф. патологии [и др.]; Н.Г. Кручинский [и др.]. – Могилев, 2000. – 34 с.

19. Демидов, И.В Проточная цитометрия в определении морфофункциональных показателей тромбоцитарного звена гемостаза в процессе лечения с использованием низкочастотной импульсной магнитотерапии / И.В Демидов, Д.К Зубовский, Д.В Климов // Медицинская панорама.– 2002. – № 6. – С. 33.

20. Метод экстракорпоральной аутогемомагнитотерапии в комплексном лечении нарушений состояния системы гемостаза и реологии крови у пациентов с ишемическими поражениями сердца и мозга / Н.Г. Кручинский [и др.] // Эфферентная терапия: научно-практический журнал. – 2005. – Т. 11, № 2. – С. 36-41.

21. Мухарская, Ю. А. Экстракорпоральная аутогемомагнитотерапия в комплексном лечении больных ревматоидным артритом: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.39 / Ю.А. Мухарская; Белорус. гос. мед. ун-т. – Минск, 2002. – 18 с.

22. Каратеев, Д.Е. Иммуномодулирующая медикаментозная терапия при заболевании, вызванном инфекцией SARS-CoV-2 (COVID-19) / Д. Е. Каратеев, Е.А. Лучихина // Альманах клинической медицины. – 2020. – Т.48, спецвыпуск 1. – С. 51–67.

23. Экстракорпоральная аутогемомагнитотерапия: методическое пособие для врачей / В.А. Остапенко [и др.]. – Минск, 2001. – 27 с.

24. Hypoxia, HIF-1 α , and COVID-19: from pathogenic factors to potential therapeutic targets / Z.O. Serebrovska [et al.] // Acta Pharmacologica Sinica. – 2020. – Vol. 4. – P. 1539–1546.

25. Зубовский, Д.К. Влияние гемомагнитотерапии на состояние иммунного гомеостаза и физической работоспособности спортсменов / Д.К. Зубовский, В.С. Улащик, Т.В. Воронцова // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2007. – № 1. – С. 18–22.

26. Низкоинтенсивное лазерное излучение, как эффективное средство повышения и восстановления физической работоспособности спортсменов: монография / Т.М. Брук [и др.]. – Смоленск: СГАФКСТ, 2013. – 176 с.

27. Mechanisms of Hypoxia in COVID-19 Patients: A Pathophysiologic Reflection / M. Nitsure [et al.] // Indian J Crit Care Med. – 2020. – Vol. 24, iss. 10. – P.967–970.

28. Брук, Т.М. Влияние низкоэнергетического лазерного излучения на систему микроциркуляции у футболистов в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма / Т.М. Брук, Ф.Б. Литвин, О.В. Молотков // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22, вып. 3. – С. 9–14.

29. Das, G. Neurological Insights of COVID-19 Pandemic / G. Das, N. Mukherjee, S. Ghosh // ACS Chem Neurosci. – 2020. – Vol. 11, № 9. – P. 1206–1209.

30. Брук, Т.М. Модулирующие влияния НИЛИ на энергетический обмен ЦНС при выполнении специфической физической нагрузки спортсменов-игровиков / Т.М. Брук, К.Ю. Косорыгина // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22, вып. 2. – С. 22–24.

31. Асимов, М.М. Лазерно-индуцированная оксигенация биоткани: новая технология устранения гипоксии и стимулирования аэробного метаболизма клеток / М.М. Асимов, А.Н. Рубинов, Р.М. Асимов // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 8–10 апреля 2009 г. – Т. 1: Медико-биологические проблемы обеспечения спорта высших достижений (зимние виды спорта). – Минск, 2009. – С. 177.

32. Брук, Т.М. Состояние системы внешнего дыхания и кровообращения на действие физической нагрузки и нетрадиционных средств повышения работоспособности спортсменов / Т.М. Брук, П.А. Терехов, Н.В. Осипова // Вестник СГАФКСТ. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 36–41.

33. Бурдули, Н.М. Лазерная терапия в лечении хронических вирусных гепатитов / Н.М. Бурдули, А.С. Крифариди, И.З. Аксенова // Лазерная терапия в лечении хронических вирусных гепатитов. Актуальные проблемы медицины. – 2020. – Т. 43, № 1. – С. 5–15.

34. Физиологическое обоснование использования методов квантовой терапии в спортивной медицине / В.А. Попов [и др.] // Человек в мире спорта: Новые идеи, технологии, перспективы: тез. докл. Междунар. конгр., Москва, 24–28 мая 1998 г. – М., 1998. – Т. 1. – С. 135–136.

35. Белюк, Н.С. Влияние внутривенного лазерного облучения крови на динамику провоспалительных цитокинов у пациентов с ишемической болезнью сердца, осложненной хронической сердечной недостаточностью / Н.С. Белюк, В.А. Снежицкий, В.Р. Шулика // Кардиология в Беларуси. – 2012. – № 3 (22). – С. 97–105.

05.05.2021