

Электролазерная миостимуляция и лазерофорез биологически активных веществ в спорте (обзор)

А.А. ХАДАРТЦЕВ¹, Н.А. ФУДИН², С.В. МОСКВИН³

¹ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия; ²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Москва, Россия; ³ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

В научном обзоре освещены особенности подведения лазерного излучения к тканям организма спортсмена в виде лазерофореза биологически активных веществ и возможности электролазерной миостимуляции. Дана характеристика электромиостимуляции, применяемой совместно с лазеростимуляцией. Показана необходимость учета нейрофизиологической зависимости активной и пассивной сократительной деятельности мышц в процессе тренировки. Обосновано действие лазерного излучения и электростимуляции в комплексе. Приведен перечень работ, в которых доказана эффективность этого метода. Представлено его сравнение с другими способами индуцированного переноса ионов веществ. Охарактеризовано положительное влияние лазерофореза янтарной и гиалуроновой кислот на организм спортсмена, в том числе при болевом синдроме, различных фитоэкстрактов. Приведены варианты применения методики в различных видах спорта в тренировочный и соревновательный период.

Ключевые слова: лазерное излучение, внутривенное лазерное освечение крови, электрофорез, лазерофорез, гиалуроновая кислота, янтарная кислота, фитопрепараты.

The application of electrolaser myostimulation and laserophoresis of biologically active compounds in sports medicine (a review)

A.A. KHADARTSEV¹, N.A. FUDIN², S.V. MOSKVIN³

¹Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Tula State University», Tula, Russia; ²Federal state budgetary institution of science «P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology», Moscow, Russia; ³Federal state budgetary institution «State Research Centre of Laser Medicine», Russian Federation Federal Medico-Biological Agency, Moscow, Russia

This scientific review highlights peculiarities of the delivery of laser radiation to the tissues of the athlete's body by means of laser electrophoresis of biologically active substances and the possibilities for electrolaser myostimulation. The main features of electrical myostimulation based on the application of laser-generated radiation are described. The authors emphasize the necessity of taking into account the neurophysiological dependence of active and passive contractile muscular activity during training. They provide the scientifically grounded rationale for the combined use of coherent laser radiation and electrical stimulation. The list of scientific papers that confirm the effectiveness of the method being considered is presented. The authors compare this method with other techniques for the induced ion transfer. The beneficial influence of laserophoresis of succinic and hyaluronic acids on the athlete's body is reported with special reference to alleviating the pain syndrome. A number of phyto-extracts used for the purpose of laser electrophoresis are characterized. The authors demonstrate the application of the optional versions of this technique in various sports during the training and competition periods.

Keywords: laser radiation, intravenous laser blood illumination, electrophoresis, laserophoresis, hyaluronic acid, succinic acid, herbal medicinal products.

Совершенствование системы подготовки спортсменов высшей квалификации и эффективная оптимизация методик тренировки тесно сопряжены с использованием новых медико-технических средств.

В спортивной практике в свое время широкое распространение получил метод электростимуляции двигательного аппарата человека. Электростимуляционная тренировка, способствуя утилизации жировой ткани в определенных пределах, оказывает положительное влияние на повышение мышечной

активности, скоростной выносливости и эффективности восстановительных процессов. Был предложен принципиально новый научно обоснованный метод миостимуляции опорно-двигательного аппа-

Сведения об авторах:

Хадартцев Александр Агубечирович — д.м.н., проф., дир. Медицинского института ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», e-mail: medins@tsu.tula.ru; Фудин Николай Андреевич — д.б.н., проф., чл.-корр. РАН, засл. деятель науки, зав. лабораторией системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ «НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина»; Москвин Сергей Владимирович — д.б.н., рук. научно-технической группы ФГБУ «ГНЦ ЛМ ФМБА России»

рата на основе электролазерного сочетанного воздействия. Новизна данного метода заключается в том, что помимо электростимуляции мышечных волокон на указанные структуры суммарно добавляется низкоинтенсивное лазерное воздействие, которое многократно усиливает сократительную и восстановительную способность мышц. При этом обеспечивается интегральный эффект оптимизации и повышения эффективности тренировочного процесса и восстановления после выполнения физической работы различного объема и интенсивности [1–3].

Нейрофизиологическим обоснованием предлагаемого метода служат научно подтвержденные теоретические представления о силе, развиваемой мышцами, роли суставов, обеспечивающих мышечное сокращение, а также характере нервной регуляции (уровень нервной импульсации). Известно, что сократительная способность мышц существенно снижается на субмаксимальных и длительно выполняемых амплитудах ее сокращения. Зону сокращения мышц, когда уменьшается их сократительная способность, считают зоной активной недостаточности. При этом выделяют и зону пассивной недостаточности, являющейся следствием малой эластичности мышц из-за невовлеченности их в физический процесс. Несомненно, что между активной и пассивной недостаточностью сократительной способности мышц существует нейрофизиологическая связь. Так, например, если в тренировочном процессе для развития подвижности опорно-двигательного аппарата доминируют упражнения на растяжение, то зона пассивной недостаточности сокращается, но при этом возникают «ножницы» между амплитудой активных и пассивных движений в локомоторном аппарате, что в конечном счете ослабляет двигательную структуру мышц и суставов. Несомненно, что данный феномен снижает эффективность тренировочного процесса, повышает общую утомляемость и приводит к частым двигательным осложнениям и травмам. Рассматриваемый пример нейрофизиологической взаимозависимости активной и пассивной сократительной недостаточности мышц в большей или меньшей мере распространяется и на другие виды физических воздействий, используемых в тренировочной практике. Если в методике тренировки наряду с упражнениями на растяжение использовать специальные силовые упражнения для мышц в зоне активной недостаточности, то формируется оптимальная структура физиологической подвижности. При этом зоны активной и пассивной недостаточности значительно уменьшаются.

Однако индивидуальный дифференцированный подбор тренировочных упражнений, влияющих на повышение сократительных способностей мышц в зонах активной недостаточности, затруднен и не

всегда соответствует задачам, которые решаются в том или ином виде спорта. Как отмечалось ранее, рассогласование активной и пассивной сократительной способности мышц снижает эффективность тренировки. Так, у спортсменов под влиянием больших тренировочных нагрузок, когда снижается сократительная способность мышц и нарастает активная недостаточность, могут возникать болевые ощущения в мышцах и суставах непосредственно во время самой тренировки. Отмечаемый болевой синдром связан с накоплением в мышцах продуктов метаболизма, когда скорость образования этих веществ превышает скорость их выведения из работающих мышц. Попадая в межклеточную жидкость, эти продукты воздействуют на болевые рецепторы. В отдельных случаях отмечаются нарушения обмена веществ в тканях, которые могут сопровождаться микротравмами и другими патологическими изменениями, тогда болевой синдром сохраняется более длительное время и требует врачебного вмешательства.

Указанные отклонения требуют или временной отмены тренировки, или пересмотра ее плана с позиции используемых средств, их объема и интенсивности. Традиционные восстановительные мероприятия, направленные на устранение указанных отклонений, в частности массаж, водолечебные процедуры, физиотерапевтические средства, воздействуя на последствия, а не на причину, не всегда дают положительные результаты.

Многолетние исследования позволили с принципиально новых научно обоснованных позиций разработать и создать высокоэффективный метод электролазерной миостимуляции, сочетающий воздействие на мышечную и соединительную ткань лазерного излучения и электростимуляции. При этом лазерное излучение подготавливает мембраны клеток мышечной ткани к активному транспорту ионов через нее, улучшает микроциркуляцию крови и лимфы в сосудах, а электрические импульсы активируют сократительную и тренировочную способность скелетной мускулатуры. При этом создается возможность проведения внутрь клеток биологически активных веществ (БАВ) различной природы. Их антигипоксический и пластический эффекты обеспечивают гипоксическую устойчивость, повышенную работоспособность и адекватное течение восстановительных процессов после интенсивных физических нагрузок.

Кроме того, непосредственный эффект лазерного воздействия влияет на интенсификацию выносливости и скоростно-силовых качеств за счет интенсивной стимуляции кровотока, проницаемости мембран и активирующего влияния на сократительную активность гладкомышечных клеток сосудов. При этом низкоинтенсивные лазерные воздействия приводят к конформационным перестройкам в

структуре гемоглобина, сопровождающимся увеличением pO_2 и снижением pCO_2 в мышечной ткани.

Такой результат обусловлен механизмом биорезонанса. Понятие биорезонанса в медико-биологической науке известно давно и подразумевает изменение функций живых организмов, их органов и тканей в ответ на биофизические воздействия, такие как малые электрические токи, электромагнитные и лазерные излучения, но только в определенных временных пределах и воздействующих режимах.

Электролазерная миостимуляция объединяет и суммирует положительное биорезонансное воздействие на мышечную, соединительную и внутрисуставную ткани, в результате чего в физиологических пределах стимулируется сократительная способность мышц и повышается устойчивость коллагеновых структур опорно-двигательного аппарата. При этом повышается эффективность переносимости длительных тренировочных воздействий на локомоторные структуры и их быстрее восстановление во время относительного отдыха в подготовительном периоде. Метод электролазерной миостимуляции не только способствует повышению работоспособности в тренировочной и соревновательной деятельности, но также высокоэффективен при лечебных и реабилитационно-восстановительных мероприятиях. При мышечных переутомлениях, растяжениях и микроразрывах мышц, соединительной ткани и суставов, сопровождающихся болевым синдромом, во время миостимуляции предусматривается использование лазерофореза препаратов гиалуроновой кислоты (ГК) и янтарной кислоты (ЯК), а также ряда других БАВ, в том числе фитопрепаратов, используемых в спортивной медицине. Представленные научно обоснованные теоретические положения являются основополагающими при решении проблемы оптимальной активации опорно-двигательного аппарата с помощью предлагаемых электролазерной миостимуляции и лазерофореза БАВ, фитолазерофореза у спортсменов, занимающихся различными видами спорта, во время тренировочной и соревновательной деятельности, а также в период восстановления и проведения лечебно-оздоровительных мероприятий [4–7].

Установлен значимый лечебный эффект лазерного излучения при сосудистых осложнениях сахарного диабета [8–11], кистах внутренних органов [12], хронических неспецифических заболеваниях легких [13], ишемической болезни сердца [14–16], стрессах [17–19], желчнокаменной болезни [20], заболеваниях кожи [21, 22], в восстановительных мероприятиях у спортсменов [23, 24], при мигрени [25], в педиатрической практике [26].

В последние годы получен новый импульс к разработке и расширению возможностей традиционных физико-фармакологических методов, позволяющих снизить фармакологическую нагрузку на па-

циентов и имеющих ряд неоспоримых преимуществ перед стандартной фармакотерапией, самым важным из которых является отсутствие побочных эффектов [27]. Одним из перспективных методов сочетанного применения лекарственного вещества и физического фактора является лазерофорез — способ чрескожного введения БАВ с помощью низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) [28].

В настоящее время лазерофорез успешно применяется в комплексном лечении пациентов с различными заболеваниями воспалительного и дистрофического характера. Вместе с тем при реализации данного метода необходимо учитывать, что не все лекарственные препараты подходят для данной методики. Физико-химические и экспериментальные исследования по изучению форетических свойств целого ряда таких препаратов показали, что пригодными для лазерофореза являются только гидрофильные низкомолекулярные соединения. Например, оксолиновая мазь, метилурациловая мазь, лидаза, никотиновая кислота, контрактубекс, солкосерил, метрогил-дента (гель и желе), гидрокортизоновая мазь, тетрациклиновая мазь, индометациновая мазь, гепариновая мазь, долгит-крем, пантовегин и др. [29–32]. Физико-химическими исследованиями также установлено, что НИЛИ не разрушает фармакологические препараты (апрессин, ганглерон, инозин, никотиновую кислоту и др.), увеличивает их форетическую подвижность (в 1,5 раза эффективнее, чем гальваническим током) [33].

Необходимо также понимать, что достаточно часто лазерофорезом называют методику, которая таковой не является в прямом смысловом значении этого термина, когда применяют не водорастворимые препараты, проникновение которых не усиливается под влиянием лазерного света. Тем не менее эффективность сочетанного воздействия высокая, но через другие механизмы (усиление микроциркуляции и клеточного метаболизма). Важным аспектом в развитии лазерофореза является понимание механизмов проникновения лекарственных веществ через кожу, поскольку с учетом ее защитной функции трансэпидермальное проникновение водных растворов различных веществ ограничено многими условиями. Единственными «обходными» путями проникновения веществ через кожу, безусловно, могут быть только шунты (потовые железы и волосяные фолликулы).

Не менее значимой и определяющей потенциальную возможность для проникновения через кожу является также характеристика вводимого вещества (молекулярная масса, химическое строение, конформация, степень гидрофильности). Кроме этого, имеются и другие факторы, влияющие на проникновение:

— специфические кожные (место и площадь аппликации, возраст пациента, состояние, температу-

ра и степень гидратации кожи, интенсивность кровоснабжения и др.);

— условия аппликации и наличие внешнего воздействующего фактора (свойства окружающей среды, форма, вид и время воздействия).

Однако возможность проникновения частиц через устье шунта вовсе не означает факта их дальнейшего продвижения, поскольку для этого необходимо пройти через клетки потовых желез и волосяного фолликула. Наиболее вероятным механизмом, позволяющим это осуществить, является транцитоз, точнее его разновидность — пиноцитоз — процесс, объединяющий признаки экзоцитоза и эндоцитоза. На одной поверхности клетки формируется эндоцитозный пузырек (эндосома), который переносится к противоположному концу клетки, становится экзоцитозным и выделяет свое содержимое во внеклеточное пространство. При этом весь процесс (полное прохождение вещества) занимает не более 1 мин. Важно, что для пиноцитоза характерно отсутствие специфичности плазмалеммы, т.е. любая поверхность соответствующей живой клетки может участвовать в транцитозе. Данный механизм давно известен как основной, обеспечивающий поглощение клетками воды, белков, гликопротеинов и макромолекул с максимальным размером до 1000 нм (1 мкм).

В настоящее время большинство исследователей в качестве первичного механизма биологического действия низкоинтенсивного лазерного света рассматривают термодинамический запуск Ca^{2+} -зависимых процессов. При поглощении НИЛИ световая энергия преобразуется в тепло, вызывая локальное термодинамическое равновесие, вследствие чего из внутриклеточного депо высвобождаются ионы кальция, которые затем распространяются в клетках и тканях в виде волн повышенной концентрации [34]. Поскольку Ca^{2+} -зависимыми являются как эндоцитоз, так и экзоцитоз, то высвобождение Ca^{2+} под влиянием НИЛИ приводит к активации транцитоза в целом. Кроме того, известен феномен значительного усиления эндоцитоза после экзоцитоза, который был описан для железистых клеток и нейронов, в последнем случае для синаптических структур.

Впервые эффект усиления форетической подвижности ряда препаратов лазерного освечивания был продемонстрирован А.А. Миненковым. На основании 400 физико-химических исследований (с помощью токо- и светотокопроводных моделей) различных по своей структуре лекарственных препаратов путем выявления их структурной устойчивости и подвижности при действии НИЛИ, постоянного электрического тока и их сочетания было установлено, что НИЛИ с терапевтическими параметрами не разрушает исследованные физиологические препараты. Кроме того, показано, что освечи-

вание НИЛИ (633 нм) кожи подопытных животных на участке проведения флюоресцеиновой пробы увеличивает скорость проникновения краски в кровь (коэффициент экстинкции при воздействии НИЛИ составляет $0,153 \pm 0,1$, в контроле — $0,106 \pm 0,02$; $p < 0,05$).

В сравнительном аспекте были изучены количественные характеристики эффективности индуцированного переноса ионов отдельных лекарственных веществ при сочетанных воздействиях наряду с НИЛИ и некоторых других физических факторов: коротковолнового ультрафиолетового излучения, ультразвука, дециметровых волн, электрического поля ультравысокой частоты, переменного и постоянного магнитного поля. В физико-химических исследованиях на примере 0,1% раствора карбокромона было показано, что все эти физические факторы повышают электрофоретическую подвижность данного фармакологического препарата. Однако преимущество НИЛИ заключается в более выраженном влиянии на процесс, чем в остальных вариантах воздействия, например, лазерное освечивание оказалось в 1,5—2 раза эффективнее контроля, т.е. при электрофорезе. На основании этих исследований было сделано заключение о том, что использование НИЛИ в таком сочетанном варианте является одним из перспективных направлений, новый метод физиотерапии был назван лазерофорезом.

Математическая модель, предложенная А.А. Рыжевич и соавт. (2010), в основе которой лежит анализ термодинамических сдвигов, наблюдаемых при воздействии НИЛИ на биологические объекты, позволяет выбрать возможные оптимальные параметры лазерного света. Авторами были рассчитаны волны, плотность мощности, время воздействия, характеристики модулированного режима для создания максимально возможного температурного градиента в структуре «липиды мембран — окружающая жидкость», что позволило оптимизировать протокол проведения процедуры. В последние годы были также проведены дополнительные экспериментальные исследования, которые расширили представления о механизмах процесса лазерофореза. Основанные на данной модели расчеты показали, что действие лазерного излучения длиной волны 780—785 нм и плотностью мощности 60 мВт/см² является оптимальным для проведения освечивания кожи в целях увеличения кровотока при условии, что общее время процедуры не превышает 20 мин [35].

Т.Л. Бехтерева и соавт. (2004) успешно применили лазерофорез ГК и ЯК в спорте высших достижений. На основании апробации способа у 112 человек, которые занимаются разными видами спорта, была разработана методика с применением красного или инфракрасного НИЛИ с освечиванием площади до 80 см². ЯК интенсифицирует диффузию

кислорода в клетки различных тканей, повышая сукцинатом трансмембранный градиент в концентрации кислорода, стабилизируя структуру и функциональную активность митохондрий, активизируя синтез белка, стимулируя синтез апопротеидов и простетических групп, в частности гема [36].

Технология лазерофореза с предварительной ионизацией геля гиасульф и электромиостимуляцией в зоне аппликации позволяет снизить интенсивность болевого синдрома у пациентов с дорсопатиями на фоне перенесенных вертебральных переломов на 68% от исходных значений по визуальной аналоговой шкале, обладает эффектом последствия до 6 нед и способствует активизации пациентов. На фоне лечения отмечается снижение систолического артериального давления на $5,8 \pm 2,1$ мм рт.ст., что является дополнительным положительным воздействием при сочетании остеопороза и артериальной гипертензии. Введение фитомеланина методом лазерофореза с электромиостимуляцией эффективно и безопасно у пациентов с болевым синдромом на фоне остеопоротической спондилопатии, способствует стабилизации артериального давления и уменьшает выраженность нежелательных гастроинтестинальных эффектов пероральных нестероидных и противовоспалительных средств за счет снижения их дозы в 3 раза и более на фоне лечения [37, 38].

Коронатеру (фитопрепарат) в сочетании с лазерофорезом фитомеланина рекомендовано применять дифференцированно в лечении пациентов с ишемической болезнью сердца, используя ее позитивные целенаправленные характеристики: в качестве монотерапии у больных с тревожно-мнительными расстройствами и неадаптивными механизмами защиты.

Лазерофорез непрерывным инфракрасным НИЛИ 10% метилурациловой мази в комплексной терапии способствует исчезновению локальных мышечных гипертонусов, улучшает микроциркуляцию в челюстно-лицевой области, нормализует функциональную активность мышечных образований и околосуставных тканей, быстро купирует темпоромандибулярный болевой синдром.

В.В. Антипенко (2009) предлагает включать лазерофорез в комплекс консервативного и хирургического лечения хронического неспецифического тонзиллита. Для проведения лазерофореза заполняют полость лакун небных миндалин (6—8 лакун) 0,5% раствором дигидрохверцетина в объеме 3 мл с последующим освещением этой области (полостей) НИЛИ с длиной волны 633 нм. Максимальная выходная мощность 10—20 мВт, диаметр светового пятна 2—3 мм, плотность мощности 35—60 мВт/см², экспозиция 2 мин на 1 лакуну, курс лечения 6—7 процедур [39].

Лазерофорез лидазы стимулирует трофикорепаративные процессы, улучшая микроциркуляцию и

метаболизм, устраняя гипоксию тканей, также снижается отечность, гиперемия, быстро происходит эпителизация поверхности шва, уменьшается его плотность, деформация и выстроение под кожей рубцовой ткани.

Показано, что методика фитолазерофореза позволяет снять перевозбуждение в центральной нервной системе, устраняя гипоксию и ишемию структурных образований головного мозга. Длительная компрессия корешков межпозвоночных дисков ведет к стойкому спазму мозговых сосудов, а также вызывает сокращение с последующим укорочением и снижением эластичности мышечно-связочного аппарата шейного отдела позвоночника, что дополнительно вызывает сужение сосудистого русла. Методом лазерофореза в местах компрессии корешков и в области спазмированных мышц вводятся препараты ботокс, карипазим или лекозим, которые оказывают миорелаксирующее и расслабляющее действие. Лечение проводится на фоне перорального приема фитопрепаратов и акупунктуры.

М.Р. Катаев и соавт. (2001) предлагают в терапии различных заболеваний применять фитолазерофорез — один из вариантов лазерофореза. В результате понижения рецепторной чувствительности, уменьшения интерстициального отека и напряжения тканей проявляется обезболивающее действие. Уменьшение длительности фаз воспаления оказывает дополнительный противовоспалительный и противоотечный эффекты, усиливая действие, например, одуванчика. Повышение скорости кровотока, увеличение количества новых сосудистых коллатералей, нормализация реологических свойств крови (эффект аналогичен фитопрепаратам клевера, каштана конского, донника лекарственного и т.д.) улучшают регионарное кровообращение, что вместе с ускорением метаболических реакций и увеличением митотической активности клеток способствует процессу физиологической и репаративной регенерации тканей (свойственно фитопрепаратам из чистотела, календулы, софоры японской, ореха грецкого и т.д.). При лазерной терапии отмечаются десенсибилизирующий и гипохолестеринемический эффекты, повышение активности общих и местных факторов иммунной защиты, как у топи-намбура, боярышника, барбариса, левзеи сафлоровидной, лимонника китайского, шиповника. В зависимости от длины волны НИЛИ проявляются бактерицидный или бактериостатический эффекты, как у ряски, чистотела, листа березы, ромашки, шалфея. При определенных параметрах, длине волны, плотности мощности и энергетической плотности проявляется биостимулирующее действие НИЛИ: повышается активность ферментов, происходит усиление кислородного обмена, увеличение поглощения кислорода тканями организма, активизируются окислительно-восстановительные про-

цессы. Подобные эффекты оказывают бессмертник, чабрец, календула, родиола розовая, ятрышник.

По данным А.А. Горячевой (2007), фитолазерофорез способствует стабилизации артериального давления, обеспечивая синтоксический эффект со стороны основных функциональных систем организма человека. Обследованы 87 человек с диагнозом «эссенциальная артериальная гипертензия II степени». В основной группе больных кроме рутинной терапии применялся фитолазерофорез. На фоне изменения медиаторов вегетативной нервной системы менялись показатели свертывающей и противосвертывающей, окислительной и антиокислительной, иммунной систем с тенденцией к активации синтоксических программ адаптации после лечения с использованием фитолазерофореза. Изучен коэффициент активности синтоксических программ адаптации. Систолическое и диастолическое артериальное давление через 10 дней лечения устанавливалось в пределах нормальных значений. Камнез наступал через 6 мес. В это время гипотензивных препаратов исследуемые пациенты не принимали [40].

Имеется большое число работ, в которых в качестве вводимого вещества выступает ГК. Для исследователей она интересна тем, что ее молекулы могут формировать цепочки различной длины (молекулярной массы), что позволяет экспериментально оценить предельные размеры молекул, которые можно вводить таким образом. Кроме того, ГК чрезвычайно активно используется как в медицине, так и в косметологии [41, 42].

Впервые лазерофорез ГК и ЯК был осуществлен в Тульском институте новых медицинских технологий, где проводились активные исследования, направленные на совершенствование методики [43—47].

В работе Е.А. Рязановой (2007) показано, что после электромиостимуляции, предваряющей лазерофорез, происходит активация нейрорецепторного и мышечного аппаратов и улучшение микроциркуляции крови. Эти изменения способствуют более активному отклику на воздействие НИЛИ и проникновению ГК и ЯК вглубь тканей. Лазерофорез БАВ (ГК и ЯК) проводили с помощью лазерного терапевтического комплекса Матрикс-Косметолог (Научно-исследовательский центр «Матрикс», Москва). Полученные результаты также свидетельствуют о разогреве тканей за счет активации и микроциркуляции, при этом малые концентрации ГК и ЯК обеспечивают весьма значимый эффект [48].

Отмечен значительно больший эффект при сочетании наружного воздействия НИЛИ и лазерофореза, чем при их отдельном применении. При этом ГК проникает в кожу не только через устье желез и волосяных фолликул, но также за счет транцитоза (пиноцитоза), а поскольку эти процессы являются

Ca²⁺-зависимыми, они активируются под влиянием НИЛИ [49]. Таким образом, подтверждено, что НИЛИ усиливает эффективность положительного биологического воздействия ГК на микроциркуляцию.

Обнаружено, что в опытных группах эффективность кислородного обмена (ЭКО) снижена на 44% по сравнению с контролем. По результатам исследования выявлено увеличение ЭКО (на 17%) после обработки и гелем ГК у женщин в возрасте 45—55 лет. Обнаружено, что после воздействия НИЛИ ЭКО повысился в среднем на 15%, после лазерофореза ГК — на 40%.

Полученные данные говорят об улучшении местного кровообращения, насыщении кислородом кожи, улучшении эффективности потребления кислорода клетками кожи под влиянием НИЛИ. Стабилизируется энергетический метаболизм клеток кожи, медленно снижается концентрация окисленных флавопротеидов и увеличивается концентрация восстановленных пиридиннуклеотидов, что влечет повышение ЭКО.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют об эффективности и перспективности лазерофореза как в лечении различных социально значимых заболеваний, так и в коррекции функциональных нарушений, в том числе связанных со спортивными тренировками. Для реализации данного метода используются недорогостоящие отечественные лазерные аппараты и гели с ГК, а сами процедуры просты в исполнении. Все это позволяет надеяться на более широкое внедрение лекарственного лазерофореза в практику различных лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений, в том числе санаторно-курортного профиля.

Изучены эффекты электролазерной миостимуляции при мышечных напряжениях в различных видах спорта в тренировочном и соревновательном периодах. По результатам исследования были разработаны соответствующие рекомендации:

1. При тоническом мышечном напряжении, сопровождающимся возрастающим сопротивлением и изометрическим напряжением (статические позы в гимнастике, усилия, связанные с удержанием противника на ковре, удержание штанги в верхней позиции) рекомендуется использовать миостимуляцию в процессе или после окончания тренировки на мышечные структуры верхнего плечевого пояса в течение 10—20 мин.

2. При мышечном напряжении, носящем взрывной характер и требующем кратковременных и повторных максимальных усилий (рывок и толчок штанги, элементы борьбы, гимнастики, метание и прыжки в легкой атлетике, акробатике) рекомендуется использовать миостимуляцию исполнительных мышечных структур в течение 15—30 мин после окончания тренировки. В соревновательной дея-

тельности между подходами в тяжелой атлетике, перед очередным выходом на ковер в борьбе, при смене снарядов в гимнастике, очередном метании и прыжках в легкой атлетике рекомендуется использовать миостимуляцию в течение 3—10 мин на задействованную структуру мышц-антагонистов при исполнении указанного упражнения.

3. При мышечном напряжении в скоростной ациклической работе, характерной для всех видов спортивных игр, необходимо избирательно подходить к миостимуляции, сообразуясь с локомоторной вовлеченностью присущей данному виду спортивной деятельности. Рекомендуется использовать миостимуляцию в тренировочной и соревновательной деятельности исполнительных мышечных структур по 15—30 мин во время тренировок и по 10—15 мин во время соревнований перед очередными встречами.

4. При мышечном напряжении в циклических видах спорта, связанном со скоростью, силовой выносливостью и фазными усилиями (все виды гладкого бега, плавание, велосипедный спорт, гребля, лыжный и конькобежный спорт) рекомендуется использовать миостимуляцию после окончания тренировки на задействованные группы мышц в течение 15—30 мин, а также по 10—20 мин во время соревнований в промежутках перед очередным выходом на старт [50].

Таким образом, современные спортивные нагрузки предъявляют высокие требования не только к физиологическим системам организма, но и к опорно-двигательному аппарату спортсменов. Перенапряжение, микротравмы и заболеваемость локомоторного аппарата являются одними из основных причин снижения эффективности тренировочного процесса и результативности соревновательной деятельности.

В спорте высших достижений опорно-двигательный аппарат — одно из наиболее уязвимых мест.

В отдельных мышечных группах, суставах, связках в процессе тренировки могут нарастать явления перенагрузки, которые сопровождаются болевым синдромом, переходящим в заболевание.

Апробация предлагаемого способа электролазерной миостимуляции на добровольцах, занимающихся физической культурой, а также на спортсменах высших разрядов показала выраженный эффект в тренировочной и соревновательной деятельности, предотвращающий мышечное перенапряжение и микротравмы.

Электролазерная миостимуляция прошла проверку при восстановлении спортсменов в процессе тренировочной и соревновательной деятельности, подтвердив высокую эффективность.

Электролазерная миостимуляция с использованием лазерофореза БАВ локализует и устраняет болевой синдром при мышечных растяжениях, микротравмах, а также оказывает выраженный оздоровительный эффект на коллагеновую и соединительную ткань (крупные и мелкие суставы, внутрисуставные поверхности, сухожилия и сухожильные сочленения).

Таким образом, под воздействием электролазерной миостимуляции и лазерофореза БАВ совершенствуется тренировочный и соревновательный процессы, а также в более короткие сроки ликвидируются последствия мышечного перенапряжения, растяжения мышц и микротравм опорно-двигательного аппарата.

Конфликт интересов отсутствует.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Н.Ф.

Сбор и обработка материала: С.М.

Статистическая обработка данных, написание текста: А.Х.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А.И., Хадарцев А.А., Фудин Н.А., Виноградова О.Л. *Электролазерная миостимуляция и лазерофорез биологически активных веществ в спорте: Методическое пособие*. Тула: ООО РИФ «ИНФРА»; 2005.
2. Хадарцев А.А. Теоретические основы взаимодействия физических полей с биологическими объектами. Часть 1. *Вестник новых медицинских технологий*. 1996;3(1):6-9.
3. Хадарцев А.А., Купеев В.Г., Морозов В.Н., Тутаева Е.С. *Диагностические и лечебно-восстановительные технологии при сочетанной патологии внутренних органов и систем: Монография*. Под ред. Хадарцева А.А. Тула: Изд-во «Тульский полиграфист»; 2003.
4. Купеев В.Г., Хадарцев А.А., Троицкая Е.А. *Технология фитолазерофореза: Монография*. Тула: Изд-во «Тульский полиграфист»; 2001.
5. *Теория и практика восстановительной медицины. Том III. Адаптогены в медицинских и биологических системах: Монография*. Под ред. Хадарцева А.А., Еськова В.М. Тула-Москва: Российская академия медицинских наук; 2005.
6. Хадарцев А.А. *Избранные технологии немедикаментозного воздействия в реабилитационно-восстановительной и спортивной медицине*. Под ред. Фудина Н.А. Тула: ООО РИФ «Инфра»; 2009.
7. Хадарцев А.А., Фудин Н.А., Орлов В.А. *Медико-биологические технологии в спорте*. М.: Изд-во «Известия»; 2011.
8. Андреева Ю.В., Купеев В.Г., Хадарцев А.А. Лазерофорез ботокса и карипазима в комплексе восстановительного лечения сахарного диабета 2 типа. *Вестник новых медицинских технологий*. 2012;(2):68-69.

9. Андреева Ю.В., Хадарцев А.А. Изменения гемодинамики у больных сахарным диабетом II типа при лазерофорезе янтарной кислотой. *Терапевт.* 2012;(6):18-21.
10. Ваславский Л.М., Купеев В.Г., Хадарцев А.А., Фомина Т.Л. Фитолазерофорез в лечении сосудистых осложнений сахарного диабета. *Вестник новых медицинских технологий.* 2001;8(3):44-46.
11. Ваславский Л.М., Хадарцев А.А., Купеев В.Г., Троицкая Е.А. Фитолазерофорез в консервативной терапии сосудистых осложнений сахарного диабета. В кн.: *Современные аспекты клинической хирургии.* Тула; 2002:53-55.
12. Купеев В.Г., Хадарцев А.А. Лечение кистозных образований внутренних органов методом фитолазерофореза. *Сборник материалов Межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 70-летию г. Новомосковска «Перспективы развития малых и средних городов России» (Новомосковск, 26-29 октября 2000).* Новомосковск; 2000:136-139.
13. Купеев В.Г., Киркина Н.Ю., Хадарцев А.А. Возможности лазерофореза с экстрактами лекарственных растений при лечении больных с хроническими неспецифическими заболеваниями легких. *Вестник новых медицинских технологий.* 2000;7(2):92-93.
14. Купеев В.Г., Хадарцев А.А., Троицкая Е.А. Лечение ишемической болезни сердца и эссенциальной артериальной гипертензии методом фитолазерофореза. В кн.: *Медицинские аспекты квалитологии.* Львов; 2003:87-89.
15. Купеев В.Г., Хадарцев А.А., Троицкая Е.А., Киркина Н.Ю. Лечение ишемической болезни сердца и эссенциальной артериальной гипертензии методом фитолазерофореза. В кн.: *Актуальные вопросы в клинике внутренних болезней.* Рязань; 2001:133-139.
16. Хадарцев А.А., Купеев В.Г., Олейникова М.М., Борисова О.М., Наумова Э.М. Корнатора в сочетании с лазерофорезом фитомеланина при стенокардии напряжения. *Вестник новых медицинских технологий.* 2012;19(1):92-95.
17. Бехтерева Т.Л., Карташова Н.М., Кидалов В.Н., Натарова Э.В., Филатова И.В., Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Чуб С.Г. Электромиостимуляция и лазерофорез биологически активных веществ в восстановительном периоде при психоэмоциональном стрессе после спортивной травмы. *Вестник новых медицинских технологий.* 2004;(4):103-105.
18. Купеев В.Г., Хадарцев А.А. Неврогенный стресс в патогенезе доброкачественных гормонозависимых образований и их диагностика и лечение методом фитолазерофореза. *Таежский журнал психиатрии.* 2002;6(2/19):42-44.
19. Хадарцев А.А., Купеев В.Г., Купеева Е.В. Неврогенный стресс в патогенезе доброкачественных гормонозависимых образований и их диагностика и лечение методом фитолазерофореза. *Сборник мат-лов I Международного симпозиума «Стресс и экстремальные состояния» (Украина, Кара-Даг, Феодосия, 5-14 июня 2002).* Кара-Даг-Феодосия; 2002:53-54.
20. Гусейнов А.З., Казакова Л.Г., Купеев В.Г., Хадарцев А.А. Фитолазерофорез в комплексе лечебно-восстановительных мероприятий при желчнокаменной болезни. *Вестник новых медицинских технологий.* 2003;(1-2):87-88.
21. Рязанова Е.А., Хадарцев А.А. Лазерофорез гиалуроновой кислоты в профилактике и восстановительной терапии нарушений функций кожи. *Вестник новых медицинских технологий.* 2006;(3):99.
22. Рязанова Е.А., Хадарцев А.А. Системные эффекты лазерофореза гиалуроновой и янтарной кислот в сочетании с электромиостимуляцией в дерматокосметологии. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах.* 2006;5(4):912-915.
23. Карташова Н.М., Кидалов В.Н., Филатова И.В., Хадарцев А.А., Митрофанов И.В. Лазерофорез биологически активных веществ и электромиостимуляция в восстановительной медицине при спортивных травмах. *Актуальные вопросы восстановительной медицины.* 2005;(1):24-27.
24. Фудин Н.А., Хадарцев Н.А. Возможности инновационных медико-биологических технологий в спорте высших достижений. *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание.* 2015;1:публикация 2-11. Доступно по: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5087.pdf> (дата обращения: 23.03.2015). doi:10.12737/10337.
25. Вигдорчик В.И., Корягин А.А., Котов В.С., Купеев В.Г., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Фитолазерофорез при мигрени и головных болях. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах.* 2004;3(1):49-51.
26. Хадарцев А.А., Купеев В.Г., Троицкая Е.А., Матвеева А.Д. Обоснованность использования фитолазерофореза в системном подходе лечения детей с сочетанной патологией внутренних органов. *Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Тульские педиатрические чтения» (Тула, 16-17 мая 2001).* Тула; 2001:223-224.
27. Пономаренко Г.Н., Улащик В.С. *Инновационные технологии физиотерапии.* СПб.; 2012.
28. Данилова И.Н., Миненков А.А., Каменецкая Т.М., Шарпанова И.К., Шур В.В. Способ введения лекарственных препаратов в живой организм. Авторский сертификат 1012923 SU, МКИ А61N5/00; №3354461; заявка от 31.07.1981; опубл. 23.04.1983.
29. Москвин С.В., Зарубина Е.Г., Лысов Н.А., Антипов Е.В. Обоснование возможности чрескожного лазерофореза биологически активных веществ, применяемых в медицине и косметологии. *Вестник новых медицинских технологий.* 2011;18(1):79-83.
30. Москвин С.В., Кончугова Т.В. Обоснование применения лазерофореза биологически активных веществ. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2012;(5):57-63.
31. Москвин С.В., Миненков А.А. Механизмы лазерофореза биологически активных веществ, применяемых в медицине и косметологии. *Лазерная медицина.* 2012;(5):78-84.
32. Москвин С.В., Рязанова Е.А., Румянцева Н.Г. *Лазерофорез, лазерная биоревитализация, липолитическая и антицеллюлитная программы ЛАЗМИК.* М.—Тверь: ООО «Изд-во «Триада»; 2012.
33. Масловская С.Г., Горбунов Ф.Е., Миненков А.А., Кончугова Т.В. Применение фотофореза лидазы при рубцово-спаечном процессе пояснично-крестцового отдела на этапе послеоперационной реабилитации больных со спондилогенными нейропатиями. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2002;(1):29-30.
34. Москвин С.В. Анализ возможных путей оптимизации параметров лазерного излучения (мощности и длины волны) для повышения эффективности внутривенного лазерного облучения крови (ВЛОК). *Вестник новых медицинских технологий.* 2008;1(1):172-173.
35. Москвин С.В. *Эффективность лазерной терапии. Серия «Эффективная лазерная терапия».* Т. 2. М.—Тверь: ООО «Изд-во «Триада»; 2014.
36. Бехтерева Т.Л., Хадарцев А.А., Корягин А.А., Вигдорчик В.И., Карташова Н.М., Наумова Э.М., Сазонов И.А. Лазерофорез гиалуроновой и янтарной кислот в спорте высших достижений. *Лазерная медицина.* 2004; 8(3): 155-156.
37. Беляева Е.А. *Восстановительная терапия осложненного постменопаузального остеопороза при коморбидной патологии: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук.* М., 2011.
38. Беляева Е.А., Федорищев И.А. Лазерофорез гиалуронатсодержащего геля «Гиасульф» при осложненном постменопау-

- зальном остеопорозе. *Вестник новых медицинских технологий*. 2010;17(1):36-38.
39. Антипенко В.В. *Консервативное и хирургическое лечение хронического неспецифического тонзиллита: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук*. СПб.; 2009.
40. Горячева А.А. *Системный анализ лечебно-восстановительных мероприятий при артериальной гипертензии: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук*. Тула; 2007.
41. Москвин С.В. О первичных механизмах терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2012;(3):42-45.
42. Федорищев И.А. *Гиалуроновая кислота*. Тула; 2011.
43. Валентинов Б.Г. *Системные биологические эффекты фитопрепаратов китайской медицины: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук*. Тула; 2005.
44. Митрофанов И.В. *Немедикаментозные способы в комплексе восстановительных мероприятий при болезнях пародонта: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук*. Тула; 2006.
45. Рязанова Е.А., Москвин С.В. *Сочетанная лазерная терапия алопеции (облысения)*. М.-Тверь: ООО «Изд-во «Триада»; 2010.
46. Хадарцев А.А., Купеев В.Г., Зилов В.Г., Морозов В.Н., Тутаева Е.С. *Диагностические и лечебно-восстановительные технологии при сочетанной патологии внутренних органов и систем*. Тула: Тульский полиграфист; 2003.
47. Хадарцев А.А., Рязанова Е.А. Лазерофорез комплекса гиалуроновой и янтарной кислот в восстановительной терапии и косметологии. *Тезисы докладов IV конференции «Проблемы качества жизни в здравоохранении»*. М.; 2006:28.
48. Рязанова Е.А. *Физические способы восстановительной медицины в дерматокосметологии: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук*. Тула; 2007.
49. Москвин С.В. *Системный анализ эффективности управления биологическими системами низкоэнергетическим лазерным излучением: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук*. Тула; 2008(2).
50. Хадарцев А.А., Григорьев А.И., Фудин Н.А., Виноградова О.Л. *Электролазерная миостимуляция и лазерофорез биологически активных веществ в спорте: Методическое пособие. 2-е изд. Испр. и доп.* Тула: ООО РИФ «ИНФРА»; 2006.

Поступила 27.10.2015