

Механизмы лечебного действия метода низкоинтенсивной лазерной терапии в практике спортивной медицины

Николай Акулич¹, Николай Кручинский², Светлана Скобялко³, Наталья Максюта¹,

АННОТАЦИЯ

Цель. Обоснование рациональности использования низкоинтенсивного лазерного излучения для ускорения процессов восстановления спортсменов.

Методы: Анализ научной литературы; гематологические, биохимические, иммуноферментные, клинические.

Результаты. Показана позитивная роль низкоинтенсивного лазерного излучения в ускорении восстановления юных спортсменов, специализирующихся в гребле академической. Выявлено, что изменения структурных параметров клеточных элементов крови – эритроцитов и ретикулоцитов – происходят в сочетании с модификацией гемоглобина и обновлением клеточной популяции. Продемонстрирована возможность коррекции кислородтранспортных характеристик эритрона лазерно-оптическими методами.

Заключение. Полученные данные могут служить фундаментальной основой для разработки отсутствующих до настоящего времени способов оценки терапевтической эффективности эффектов фотогемотерапии в спортивной медицине.

Ключевые слова: спортсмены, гребля академическая, низкоинтенсивное лазерное излучение, эритроциты, гомеостаз.

ABSTRACT

Object. Substantiation of the rationality of applying the low intensity laser radiation to accelerate the athletes' recovery processes.

Methods: Analysis of scientific literature; hematological, biochemical, immunoenzymatic, clinical.

Results. Positive effect of the low intensity laser radiation for enhancement of the recovery of young athletes specialized in rowing was shown. It was revealed that changes of structural parameters of blood cellular elements – erythrocytes and reticulocytes – occur in combination with modification of hemoglobin and renewal of cell population. The possibility to correct oxygen transport characteristics of erythron by laser-optical methods was demonstrated.

Conclusion. Obtained data may provide a fundamental basis to develop the approaches for assessing the therapeutic efficiency of the impacts of phototherapy in sports medicine, which are still unavailable.

Key words: athletes, rowing, low intensity laser radiation, erythron, homeostasis.

Постановка проблемы. В современном олимпийском спорте, включая тренировочный и соревновательный процессы, а также спортивную медицину, значительную роль играют факторы фармакологического характера. Обеспечение высокого уровня работоспособности высококвалифицированных спортсменов невозможно без использования лекарственных средств, продуктов специализированного спортивного питания и других внутренировочных эргогенных средств. При этом непрерывный и бурный рост спортивных достижений требует от тренеров и ученых постоянного поиска принципиально новых средств и методов повышения физической работоспособности, отражающей функциональные возможности человека и являющейся основным мерилом спортивного мастерства [13].

К сожалению, до сих пор в сфере медицины спорта широко используемые в клинической медицине подходы к восстановлению и лечению различных патологий, такие, как квантовые (лазерные) методы восстановления и стимуляции работоспособности, а также лечения различных патологических состояний у спортсменов, относящиеся к фармакологическим эргогенным факторам, не получили достаточно широкого распространения [6]. Доказано, что лазеротерапия положительно влияет на те биохимические и физиологические показатели, которые нарушаются у спортсменов в состоянии утомления или при заболеваниях различного генеза. Квантовое излучение улучшает микроциркуляцию, оптимизирует кислородтранспортную функцию крови, повышает утилизацию кислорода, уменьшает накопление продуктов перекисного окисления липидов, нормализует нейрогормональный баланс и биоэнергетические процессы в тканях, тем самым восстанавливая функциональную активность и скорость репаративных процессов как в отдельных органах и системах – в миокарде, печени, скелетной мускулатуре, мышечно-связочном аппарате, центральной нервной и иммунной системах, так и в организме в целом [3, 6, 12, 20, 21].

Механизмы фотохимического действия лазерного излучения на биологическую ткань в соответствии с системными прин-

ципами организации П. К. Анохина условно распределяют на следующие уровни: молекулярный, субклеточный, клеточный, тканевый, органный и организм в целом. Воздействие лазерного излучения на микроциркуляцию, иммунитет, метаболизм, эндокринный гомеостаз, органы и ткани реализуется на этих уровнях, что обеспечивает комплексное воздействие на организм спортсменов. Исходя из этого установлено, после внутрисосудистого лазерного облучения происходят изменения на трех основных уровнях: форменные элементы крови, свойства крови в целом (состав плазмы, реологические свойства и др.), системный ответ на уровне разных органов и тканей [1].

Суть инвазивных (выполняющихся при вмешательстве в организм спортсмена) и неинвазивных (без нарушения целостности организма) методов квантовой терапии заключается в использовании низкоэнергетического лазерного излучения в красном и инфракрасном диапазонах спектра, а также ультрафиолетового излучения, для облучения кожи, тканей, крови, рефлексогенных зон, точек акупунктуры с целью предотвращения переутомления, повышения и восстановления работоспособности спортсменов. Среди инвазивных методов квантовой терапии, все же используемых в практике подготовки спортсменов и в медицине спорта, одно из ведущих мест занимает внутривенное лазерное облучение крови. При использовании лазерного луча, как показано в клинических наблюдениях, достоверно увеличивается количество эритроцитов нормальной формы и объема (дискоцитов), а также содержание Т-лимфоцитов и фагоцитоз лейкоцитов [3, 12]. К тому же улучшение под действием низкоинтенсивного внутрисосудистого лазерного облучения крови кислородтранспортной функции эритроцитов и реологических свойств крови приводит, в свою очередь, к улучшению трофического обеспечения и микроциркуляции практически во всех органах и тканях [7]. Таким образом, с учетом того, что кровь – это полифункциональная система, выполняющая в организме интегрирующую роль, ее облучение обеспечивает ответ организма в целом. В связи с этим лазерное воздействие на организм

более выражено, чем другие способы облучения. Это доказывает, что лазерное излучение, особенно низкой интенсивности, должно стать элементом не только общей стимуляции организма, применяемым в практике спорта для оптимизации протекания восстановительных процессов в организме спортсменов, но и коррекции патологических состояний и лечения отдельных заболеваний у них.

Внедрение уже давно известных и апробированных в общемедицинской практике и спортивной медицине методик лечения, реабилитации и восстановления в обеспечение тренировочного и соревновательного процессов высококвалифицированных спортсменов должно основываться на глубоком понимании механизмов их действия, что позволит обеспечивать их более качественное (осмысленное) практическое применение в подготовке спортсменов. Примером такого подхода может служить внедрение методов физико-химической медицины [5, 9, 22], в частности, лазерной терапии, возможности которой в последние 30 лет значительно расширились [2, 5, 11].

Преимущественно при подготовке спортсменов для ускорения процессов восстановления и в практике спортивной медицины используется один из видов квантовой терапии – низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ). С помощью НИЛИ возможно повлиять даже на активность ферментов, участвующих в биохимических процессах образования энергии, в частности креатинкиназы, что показано как при моделировании физических нагрузок в эксперименте [23], так и у спортсменов в условиях тренировочного процесса [17]. НИЛИ в практике медицины преимущественно используется в основном в двух направлениях – кардиологии; ортопедии и травматологии [20]. В настоящее время показано, что воздействие низкоинтенсивного лазера вполне рационально использовать при лечении патологии мышечно-связочного аппарата при физических нагрузках, поскольку оно обладает противовоспалительным эффектом и ускоряет синтез коллагена в фибробластах связок при нарушении их функции (тендовагинит) [21]. Однако имеются и клинические работы, результаты которых доказывают эффективность данной методологии в виде лазерной акупунктуры для лечения хронической мышечной боли у спортсменов [18].

Чаще других в клинической практике используются две методики низкоинтенсивной лазерной терапии – внутривенное (инвазив-

ное) и/или надвенное (неинвазивное) воздействие. К настоящему времени получены хорошо документированные результаты достаточно высокой терапевтической эффективности метода низкоинтенсивной лазерной терапии в клинике [2, 9, 11]. Ситуация же в спортивной медицине несколько иная. С одной стороны, у врачей-физиотерапевтов и реабилитологов, работающих в лечебных учреждениях и врачебно-физкультурных диспансерах, существуют относительно четко прописанные стандарты (техника, аппаратура, кратность выполнения процедур, курсовая длительность) проведения лазерной терапии, основанные на существующих методических разработках [14], а с другой – отсутствуют четкие критерии оценки ее эффективности, особенно в зависимости от периода подготовки спортсмена и его функционального состояния. Это не позволяет давать тренерам и врачам команд конкретные практические рекомендации. В некоторых случаях даже высказываются сомнения в целесообразности низкоинтенсивной лазерной терапии, поскольку, по мнению врачей и тренеров, какой-либо физиологический эффект воздействия отсутствует. Например, в упомянутых выше методических разработках [14] даны рекомендации по использованию при планировании подготовки спортсменов их личных особенностей, связанных с индивидуальными характеристиками кислородтранспортной функции крови. Так, в качестве самого чувствительного показателя, оценивающего эффективность метода внутрисосудистого лазерного облучения крови, рекомендуется использовать параметр среднего объема гранулоцитов, коррелирующий с работоспособностью организма.

На наш взгляд, во-первых, это не совсем корректно как с методической точки зрения, так и с позицией WADA в отношении химических и физических манипуляций с кровью (класс M2 «Химические и физические манипуляции» Запрещенного списка) [15]. Во-вторых, следует отметить, что гематологические анализаторы серии 3-diff, например, «Micros-60 OT» (Франция), не способны проводить полную дифференцировку лейкоцитов, поскольку они используют кондуктометрический принцип анализа слезисом клеток [8]. Именно анализаторами такого класса оснащено большинство центральных районных больниц. Как известно, свойства мембран эритроцитов и лейкоцитов существенно различаются. Эритроциты лизируются под

действием многих поверхностно-активных веществ; при этом лейкоциты, претерпевая некоторые изменения, сохраняют ядро и часть цитоплазмы с остатками мембраны. В итоге после лизиса эритроцитов все частицы размером более 35 фл (фл – фемтолитр или 10^{-15} л; единица измерения объема клеток) прибор относит к лейкоцитам, притом, что нативные (неповрежденные) лейкоциты имеют размер от 50 до 1500 фл. В большинстве гематологических анализаторов используемый лизирующий раствор вызывает частичное разрушение лейкоцитарных мембран. При этом объем различных клеток крови, в частности лимфоцитов, составляет от 30 до 80 фл, эозинофилов, базофилов, моноцитов – находится в пределах от 60 до 140 фл, а нейтрофилы приобретают наибольший объем, составляющий от 120 до 250 фл. При наличии резистентных к лизису эритроцитов последние определяются прибором как лейкоциты и вызывают «мнимое» повышение количества белых кровяных телец [8]. Ранее нами [2] было показано, что метод низкоинтенсивной лазерной терапии способен оказывать влияние на липидный состав мембран эритроцитов, что неизбежно должно приводить к ошибкам при оценке принадлежности клеточной популяции как к лейкоцитам, так и к эритроцитам на преаналитическом этапе лабораторного анализа. Как было сказано выше, в интервал объема от 120 фл попадают и моноциты, что также делает некорректным заключение авторов цитированных методических рекомендаций [14] о среднем объеме гранулоцитов. Кроме того, на наш взгляд, определение размеров лейкоцитов на гематологических анализаторах серии 3-diff вообще не имеет физического смысла, поскольку импульсы высокой амплитуды, которые генерируются прибором после лизирования клеток, зависят не только от величины и формы ядра, объема цитоплазмы, наличия включений, но и от особенностей самого лизирующего реагента, а также возможности попадания в счетную камеру «двойных» клеток за счет высокой скорости потока при подсчете [2, 8].

Следовательно, вышеизложенное позволяет заключить, что средний объем гранулоцитов, в значительной степени коррелирующий с работоспособностью организма, не может использоваться в качестве показателя оценки эффективности лечебного (да и восстановительного) действия методики низкоинтенсивной лазерной терапии у спортсменов.

Далее, в этих же процитированных выше методических рекомендациях [14] приводятся сведения, что 30-минутное облучение крови *in vitro* приводит к снижению количества ретикулоцитов на 25 %. Из этого факта авторами делается вывод, что лазерное излучение имеет отрицательное действие на отдельные клетки при изолированном их облучении. Остается непонятным, какой из результатов авторы расценили бы как положительное влияние? Возможно, рост числа ретикулоцитов при облучении крови *in vitro*? На наш взгляд, такая посылка не корректна, поскольку, известно, что в периферической крови (тем более, *in vitro*) ретикулоциты находятся около 30 ч, продолжая процесс созревания и трансформации, и лазерное облучение только его ускоряет [9].

Таким образом, несмотря на большую работу специалистов спортивной медицины, проведенные исследования по оценке влияния метода НИЛИ на цитологические параметры крови спортсменов не только не прибавляют ясности в этом вопросе, а, наоборот, имеет место некоторая мистификация и тиражирование стереотипов. Научная и научно-популярная периодика буквально наводнена публикациями, в которых отмечены только положительные аспекты использования низкоинтенсивного лазерного излучения, причем в основном на описательном уровне. Практически в каждой статье повторяются шаблонные фразы о «стимуляции обменных процессов в тканях и органах», «улучшении микроциркуляции крови», «повышении активности ферментных систем», «повышении активности иммунокомпетентных клеток крови», «ускорении пролиферации клеток», «нормализации липидного обмена», «антиоксидантное, противотромбическое, анальгезирующее, иммунокорректирующее и тому подобное действие лазерного излучения» [10, 11, 22]. Причем часто это делается без приведения каких-либо экспериментальных данных по обследованным группам, не говоря уже о группе контроля и эффекту плацебо! Так, например, в работе [10] прослеживаются изменения в морфологии клеток при действии лазерного излучения, но возможность протекания аналогичных процессов *in vivo* в разных участках сосудистого русла, имеющих, например, разную температуру и значения pH, а также клиническая значимость этих параметров для оценки процесса лечения, остаются пока не исследованными.

Цель исследования – обоснование рациональности использования низкоинтенсивного

лазерного излучения для ускорения процессов восстановления спортсменов с использованием параметров структурно-функционального состояния эритроцитов (на примере представителей гребли академической).

Методы и организация исследования. Исследования эффективности НИЛИ проводили одновременно на базе Могилевского областного диспансера спортивной медицины (отделение реабилитации) и в лаборатории экологической физиологии регионального центра коллективного пользования Могилевского государственного университета имени А. А. Кулешова.

Под наблюдением находились 15 юных (средний возраст $14,8 \pm 1,2$ года) спортсменов, имеющих квалификацию I разряд и КМС и занимающихся греблей академической, при использовании курса восстановительного лечения (надвенозное воздействие НИЛИ гелий-неоновым лазером) при клинических проявлениях перенапряжения. Длительность воздействия составила 8–10 дней при ежедневном проведении процедуры.

У 10 спортсменов аналогичного пола, возраста ($15,7 \pm 3,4$ года) и квалификации с проявлениями перенапряжения проведены контрольные исследования, для чего световод излучателя размещали в вене без включения лазера (плацебо). Методика выполнения НИЛИ и методы цитологического анализа эритроцитов для оценки ее эффективности опубликованы нами ранее [2]. Анализ структурно-функционального состояния ретикулоцитов проводили с использованием суправитального красителя акридина оранжевого, подсчет событий осуществляли в двух диапазонах флуоресценции (FL1 = 530 нм, FL3 > 600 нм) [22]. Исследование биохимического статуса обследованных проводилось по общепринятым в лечебных учреждениях методикам с использованием полуавтоматических биохимических анализаторов [16]. Биохимические показатели крови (содержание лактата, общих липидов, β -липопротеинов, α -холестерина, общего холестерина и триглицеридов) определяли на автоматическом анализаторе «Stat Fax 3300» (Awareness Technology, США) с использованием наборов реактивов производства «DRG Instrument GmbH» (Германия). Уровень гормонов в крови определяли с помощью универсального иммуноферментного анализатора «Roche Diagnostics Cobas-e 411» (Roche Diagnostics, Швейцария) с помощью аутентичных диагностических наборов. Показатели гематологического

гомеостаза (содержание гемоглобина, гематокрит, объем эритроцитов, содержание гемоглобина в эритроците), а также такие ретикулоцитарные характеристики, как процентное содержание ретикулоцитов (Ret, %), индекс созревания ретикулоцитов (IRF, %), процентное содержание ретикулоцитов трех форм зрелости – незрелые (HFR), средней степени зрелости (MFR) и зрелые (LRF), изучали с помощью автоматического анализатора «Sysmex-XT2000» (Sysmex, Япония). Количественный анализ (по размеру) популяции эритроцитов проводили с использованием проточного цитофлуориметра «Cell Lab Quanta» (Beckman Coulter, США). Анализ изменений pH, парциального давления O_2 и CO_2 , содержания стандартного бикарбоната, оксиметрию (содержание общего гемоглобина, ctO_2 , фракций гемоглобина) проводили на анализаторе «ABL 800 FLEX» (Дания).

Статистический анализ полученных результатов проводили с помощью методов описательной статистики и непараметрических методов анализа (использованы критерии Колмогорова–Смирнова, Манна–Уитни, Вальда–Вольфовица). Изменения считались значимыми при $p < 0,05$. Все статистические методики реализованы с помощью лицензионного пакета прикладных программ «Statistica 7.0» (StatSoft, США).

Результаты исследования и их обсуждение. В результате проведенного курса восстановительного лечения было установлено, что в обследованной группе гребцов-академистов после каждого из сеансов НИЛИ отмечалась нормализация кислотно-щелочного состояния, причем достоверный рост значения pH ($p < 0,02$) положительно коррелировал со снижением pCO_2 ($r = 0,85$; $p < 0,04$) и увеличением концентрации бикарбонатов ($r = 0,87$; $p < 0,04$). Аналогичные изменения наблюдались и при использовании плацебо (размещение световода в вене пациента без включения лазера). Суммарный эффект от лечения методом НИЛИ реализовывался при отсутствии каких-либо изменений pH на протяжении всего периода лечения, за исключением эпизода незначительного усиления ацидоза в конце проводимого курса. Сравнение исходного уровня pH с таковым на следующий день до проведения очередного сеанса, а также перед проведением последней процедуры показало отсутствие его достоверных изменений по тестам Колмогорова–Смирнова и Манна–Уитни. Более же информативный тест Вальда–Вольфовица выявил достовер-

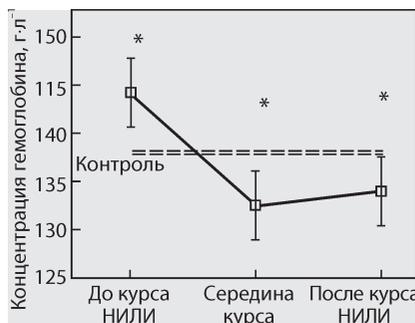


РИСУНОК 1 – Концентрация гемоглобина у спортсменов в динамике использования низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) у спортсменов основной группы

* Изменения достоверны по сравнению с началом терапии

ное ($p < 0,025$) снижение величины pH, чего не наблюдалось в контроле. Следовательно, существующая на сегодняшний день теория о «нормализации» гомеостаза под влиянием НИЛИ при ближайшем рассмотрении оказывается несостоятельной, поскольку значения pH отражают гомеостаз организма именно на системном уровне.

Концентрация уровня лактата в плазме крови у спортсменов обеих групп до лазеротерапии составляла $1,99 \pm 0,77$ ммоль \cdot л⁻¹. После проведения сеанса НИЛИ в основной группе значение этого параметра снижалась, а на следующий день и перед проведением последней процедуры регистрировалось некоторое ее повышение – до $2,33 \pm 0,91$ ммоль \cdot л⁻¹. Если ранее мы расценивали эти изменения как усиление процесса гликолиза, то в настоящее время наиболее вероятен, на наш взгляд, иной механизм. Известно, что в ишемизированных тканях снижен венозный отток, поэтому концентрация лактата в венозной крови может не отражать регионарные нарушения метаболизма и рост уровня молочной кислоты после проведения сеанса НИЛИ, что может являться благоприятным фактором, отражающим долговременные процессы, способствующие улучшению состояния микроциркуляции и приводящие к устранению ишемии [2].

После проведения каждого сеанса НИЛИ отмечалось снижение ($p < 0,04$) уровня гемоглобина в крови (рис. 1).

Значение же гематокрита (Ht) до курса восстановительного лечения методом НИЛИ составляло $39,05 \pm 1,22$ % и в процессе проведения лазеротерапии прогрессивно снижалось до уровня референтных значений.

В основной группе величина относительного содержания гемоглобина в эритроците

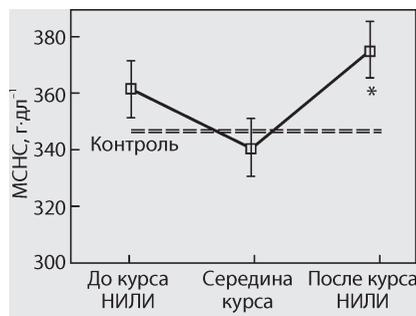


РИСУНОК 2 – Средняя концентрация гемоглобина в эритроците (МСНС) при курсовом использовании низкоинтенсивного лазерного излучения у спортсменов основной группы

несколько снижалась в середине курса НИЛИ (рис. 2), а к его окончанию достигала практически максимально возможной величины – $375,42 \pm 13,02$ г \cdot дл⁻¹ ($p < 0,05$); у спортсменов контрольной группы этот показатель составил $351,32 \pm 11,21$ г \cdot дл⁻¹. При этом изменения морфологических параметров эритроцитов сопровождалась тенденцией к увеличению относительного содержания одной из полиненасыщенных жирных кислот – докозагексаеновой, входящей в состав билипид-белкового слоя клеточной, в том числе эритроцитарной, мембраны [4, 19], с $4,69 \pm 0,83$ до $4,93 \pm 0,89$ %. Изменений содержания в крови некоторых биохимических (общие липиды, β -липопротеины, α -холестерин, общий холестерин и триглицериды) констант при проведении курса НИЛИ в динамике восстановительного лечения у обследованных гребцов выявлено не было, а в контроле этот процесс был значительно более медленным, что свидетельствует о недостаточном темпе структурно-функциональных перестроек эритроцитов с соответствующим ухудшением переноса кислорода.

Поскольку данные световой микроскопии характеризуются малой выборкой, а в гематологических анализаторах серии 3-diff величина среднего объема эритроцита авто-

матически подсчитывается делением суммы клеточных объемов клеток в диапазоне от 36 до 360 фл на число подсчитанных событий, то для уточнения полученных данных был проведен анализ популяции эритроцитов. Выполненные в настоящей работе измерения показали, что под влиянием НИЛИ снижался объем эритроцита, увеличивалось число клеток с большей величиной бокового светорассеяния, что указывает на тот факт, что мембрана эритроцита становилась менее жесткой.

В качестве одной из причин изменений среднего объема эритроцитов в облученной крови можно рассматривать и влияние процессов оксигенации и деоксигенации внутриклеточного гемоглобина. Это подтверждается и приведенными в некоторых публикациях данными по росту показателя среднего объема эритроцитов при облучении в терапевтических дозах деоксигенированной крови, что объясняется развитием обратимых структурных изменений во внутриэритроцитарной среде мембраны эритроцитов вследствие развивающихся процессов перекисного окисления липидов [5, 9, 22].

Курсовое применение НИЛИ выявило рост бокового светорассеяния SSC (англ. – *side scatter corpuscle*) лазерного луча эритроцитами (табл. 1), что характеризует изменения формы и размера клеток в популяции эритроцитов. К окончанию курса терапии методом НИЛИ отмечалось достоверное увеличение этого параметра у обследованных спортсменов. Значение бокового рассеивания лазерного луча эритроцитами было наиболее высоким в середине курса восстановительного лечения, а к окончанию – снизилось. При этом к окончанию лечения методом НИЛИ электронный объем эритроцитов вернулся к своему исходному уровню.

Следовательно, наиболее характерным признаком курсового применения НИЛИ

ТАБЛИЦА 1 – Количественные параметры бокового светорассеяния для эритроцитов в динамике курса низкоинтенсивной лазерной терапии у спортсменов

Этап курса НИЛИ	Показатель светорассеяния			
	$\bar{X} \pm S$	Мода	CV	НPCV
До начала	180,0 \pm 3,0	163,0 \pm 2,5	27,6 \pm 1,1	23,3 \pm 0,3
Середина курса	188,5 \pm 2,4	165,0 \pm 2,1	34,9 \pm 1,2*	29,1 \pm 1,3*
По окончании	205,2 \pm 2,2*	186,0 \pm 1,9*	34,3 \pm 0,9*	26,9 \pm 1,1*

Примечания: * – изменения показателей достоверны ($p < 0,01$); CV (англ. *Coefficient of Variation* – коэффициент вариации) – один из основных параметров бокового светорассеяния эритроцитов; НPCV (англ. *Half Peak Coefficient of Variation* – половина пикового коэффициента вариации) – показатель, характеризующий ширину полувысоты гистограммы распределения величины параметра бокового светорассеяния.



РИСУНОК 3 – Визуальное изображение бокового светорассеяния эритроцитов в динамике курса низкоинтенсивной лазерной терапии у спортсменов основной группы

является увеличение величины бокового светорассеяния клеток, что визуально демонстрирует рисунок 3.

Согласно данным, полученным другими исследователями [8, 24], сигнал бокового (при 90°) светорассеяния SSC на проточных цитофлуориметрах формируется как результат многочисленных актов рассеяния света на амплитудных неоднородностях (например, гемоглобин), его переотражения, и эта величина хорошо коррелирует с результатами цитометрических измерений концентрации гемоглобина в эритроците.

Поскольку воздействие гелий-неоновым лазером оказало влияние на эритроциты периферической крови, целесообразно было провести оценку изменения именно красного ростка кроветворения при курсовом воздействии НИЛИ с учетом динамики изменений процентного содержания ретикулоцитов, индекса созревания ретикулоцитов и соотношения ретикулоцитов трех форм зрелости [8].

До курса восстановительного лечения методом НИЛИ количество ретикулоцитов у спортсменов было достоверно выше по сравнению с контролем и находилось в пределах $0,80 \pm 0,04$ % (табл. 2).

В середине курса НИЛИ выявлено снижение как процента ретикулоцитов, так и уровня клеток со средней и высокой интенсивностью флуоресценции (т.е. и с разной степенью зрелости). Это можно расценить как срочную реакцию организма в ответ на лазеротерапию, проявляющуюся противоишемическим эффектом. После окончания курса НИЛИ отмечен феномен роста процента ретикулоцитов с увеличением их среднего объема и снижением доли ретикулоцитов с высокой интенсивностью флуоресценции.

Таким образом, низкоинтенсивное лазерное излучение, использованное для ускорения процессов восстановления спортсменов, занимающихся греблей академической, вызывает во многом однотипные реакции, однако динамика этих изменений имеет отличия, что, на наш взгляд, связано с разным исходным состоянием индивидов в наблюдаемой группе.

Проведенный нами ранее сравнительный анализ результатов воздействия НИЛИ на организм гребцов, а также больных хронической ишемической болезнью сердца [2], позволил выявить феномен комплексного и универсального действия лазерного излучения низкой интенсивности. Механизмы этого явления, по нашему мнению, можно объяснить не только эффектом стимуляции обменных процессов, когда в любом живом организме будут более эффективно происходить любые процессы «оживления» и нормализации его измененных параметров, но и специфическими реакциями. У спортсменов мы имеем дело с самоконтролем своего состояния (гомеостазис) и компенсацией состояний в случае развития патологического процесса.

Выводы. Таким образом, результаты проведенного исследования, прежде все-

го, показали эффективность использования метода НИЛИ в практике спортивной медицины для коррекции перенапряжения. Это является тем аспектом медицинских мероприятий, которые не несут дополнительной лекарственной нагрузки на организм, что важно для юных спортсменов, которым фармакологические средства использовать крайне нежелательно в связи с незрелостью функциональных систем и для предупреждения формирования ятрогенного эффекта. В свете полученных данных рассматривать следует не только квантовый, молекулярный и клеточный уровни механизмов действия метода НИЛИ и клинические аспекты наблюдения вторичных эффектов в организме, но и привлекать к рассмотрению более общие соображения, учитывающие как значения дозировок, так индивидуальные особенности кислородтранспортной функции крови спортсменов. В обоих случаях успешного результата можно достичь только при включении в лечебный процесс специалистов, осуществляющих дозиметрический контроль, а не проводить монодозовую терапию, охватывающую до 90 % практики применения НИЛИ у спортсменов.

ТАБЛИЦА 2 – Анализ структурно-функциональных параметров ретикулоцитов в динамике курса низкоинтенсивной лазерной терапии

Этап курса НИЛИ	Содержание ретикулоцитов, %	Средний объем эритроцитов, фл	Содержание ретикулоцитов разных форм зрелости, %		
			незрелые	средней степени зрелости	зрелые
До начала	$1,24 \pm 0,05$	$70,52 \pm 3,54^*$	$95,14 \pm 4,11^*$	$3,24 \pm 0,15^*$	$1,73 \pm 0,13^*$
Середина курса	$0,99 \pm 0,06^{*#}$	$71,03 \pm 4,67$	$95,42 \pm 3,22^*$	$2,54 \pm 0,11^{*#}$	$2,05 \pm 0,13^*$
По окончании	$1,54 \pm 0,07^{*#}$	$80,53 \pm 3,11^{*#}$	$97,03 \pm 3,02$	$2,42 \pm 0,33$	$0,81 \pm 0,65^{\#}$

Примечания: * – изменения достоверны ($p < 0,03$) по сравнению с данными до начала НИЛИ; # – изменения достоверны ($p < 0,01$) между данными на разных этапах НИЛИ.

Литература

1. Авруцкий М. Я. Некоторые механизмы действия внутривенного гелий-неонового лазерного облучения / М. Я. Авруцкий // Перспект. направления лазер. медицины. — 1992. — № 1. — С. 240–256.
2. Акулич Н. В. Внутрисосудистое лазерное облучение крови вызывает изменение структурных параметров эритроцитов больных с ишемической болезнью сердца / Н. В. Акулич, А. В. Марочков, А. Н. Осипенко и др. // Журн. Гроднен. мед. ун-та. — 2009. — № 2. — С. 98–101.
3. Войцехович В. С. Впливи фемтосекундного лазерного випромінювання на тканину пухлини / В. С. Войцехович, Н. В. Долгополова, С. Л. Зайцев та ін. // Клініч. онкологія. — 2010. — № 3. — С. 18–22.
4. Гунина Л. М. Эффективность застосування ω -3 поліненасичених жирних кислот за фізичних навантажень / Л. М. Гунина, І. С. Чекман, Т. Ю. Небесна, Н. О. Горчакова // Фізіол. журн. — 2013. — Т. 59, № 1. — С. 68–77.
5. Zubovskiy D. K. Пути и методы использования лечебных физических факторов в восстановлении и повышении работоспособности спортсменов / Д. К. Zubovskiy, Н. Г. Кручинский, В. С. Улащик // Спорт. медицина: наука и практика. — 2012. — № 1. — С. 20–27.
6. Крисковець А. М. Використання неспецифічних засобів відновлення та підвищення працездатності спортсменів після виконання фізичних навантажень / А. М. Крисковець // Лазери в медичній та спортивній практиці: матеріали наук.-практ. конф. — (Сімферополь 12–13 трав. 2001). — Сімферополь, 2001. — С. 128–131.
7. Лазери в клінічній медицині / під ред. Д. С. Плетньова. — К., Здоров'я, 1999. — 304 с.
8. Луговская С. А. Гематологические анализаторы. Интерпретация анализа крови: метод. рекомендации / сост. С. А. Луговская, М. Е. Почтарь, В. В. Долгов. — М.; Тверь: ООО «Изд-во «Трида», 2007. — 112 с.
9. Марочков А. В. Внутрисосудистое лазерное облучение крови, механизмы взаимодействия и клиническое применение / А. В. Марочков. — Минск: Б. И., 1996. — 86 с.
10. Москвин С. В. Лазерная терапия, как современный этап развития гелиотерапии (исторический аспект) / С. В. Москвин // Лазер. медицина. — 1997. — Т. 1, вып. 1. — С. 44–49.
11. Москвин С. В. Основы лазерной терапии / С. В. Москвин, В. А. Буйлин. — М.; Тверь: ООО «Изд-во «Трида», 2006. — 256 с.
12. Москвін С. В. Внутрішньовенне лазерне опромінювання крові для реабілітації пацієнтів з гострим інфарктом міокарда / С. В. Москвін // Укр. кардіол. журн. — 2008. — № 2. — С. 32–25.
13. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В. Н. Платонов. — К.: Олимп. лит., 2004. — 808 с.
14. Подольцев А. С. Коррекция работоспособности спортсменов по реологическим и биохимическим показателям крови: метод. рекомендации для врачей спорт. медицины / А. С. Подольцев. — Минск, 2006. — 48 с.
15. Список запрещенных субстанций и методов 2015: Междунар. стандарт ВАДА. — Минск: Альтиора — живые краски, 2014. — 16 с.
16. Тиц Н. У. Энциклопедия клинических лабораторных тестов / Н. У. Тиц. — М.: Лабинформ, 1997. — 960 с.
17. Ferraresi C. Light-emitting diode therapy (LEDT) before matches prevents increase in creatine kinase with a light dose response in volleyball players / C. Ferraresi, R. V. Dos Santos, G. Marques et al. // Lasers Med. Sci. — 2015 — Vol. 30, N 4. — P. 1281–1287. doi: 10.1007/s10103-015-1728-3.
18. Fleckenstein J. Treating chronic knee pain with acupuncture / J. Fleckenstein, W. Banzer // JAMA. — 2015. — Vol. 313, N 6. — P. 627. doi: 10.1001/jama.2014.18505.
19. Gunina L. M. Efficiency of ω -3 Polyunsaturated Fatty Acids at Physical Exercise / L. M. Gunina, I. S. Chekman, T. Yu. Nebesna, N. O. Gorchakova // Int. J. of Physiology and Pathophysiology. — 2013. — Vol. 4, iss. 4. — P. 273–283.
20. Herpich C. M. Analysis of laser therapy and assessment methods in the rehabilitation of temporomandibular disorder: a systematic review of the literature / C. M. Herpich, A. P. Amaral, E. C. Leal-Junior et al. // J. Phys. Ther. Sci. — 2015. — Vol. 27, N 1. — P. 295–301. doi: 10.1589/jpts.27.295.
21. Iacopetti I. Effect of MLS(®) laser therapy with different dose regimes for the treatment of experimentally induced tendinopathy in sheep: pilot study / I. Iacopetti, A. Perazzi, V. Maniero et al. // Photomed. Laser Surg. — 2015. — Vol. 33, N 3. — P. 154–63. doi: 10.1089/pho.2014.3775.
22. Karu T. I. Photobiological fundamentals of low-level laser therapy / T. I. Karu // IEEE J. Quant. Elect. — 1987. — Vol. QE-23. — P. 1703–1717.
23. Leal Junior E.C. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes—preliminary results / E. C. Leal Junior, V. de Godoi, J. L. Mancalossi, et al. // Lasers Med. Sci. — 2011. — Vol. 26, N 4. — P. 493–501. doi: 10.1007/s10103-010-0866-x.
24. Tanke H. J. Flow Cytometry of Human Reticulocytes Based on RNA Fluorescence / H. J. Tanke, I. A. B. Nieuwenhuis, G. J. M. Koper [et al] // Cytometry. — 1980. — Vol. 1, N. 5. — P. 313–320.

References

1. Avrutskiy M. Y. Some mechanisms of action of intravenous helium-neon laser radiation / M. Y. Avrutskiy // Perspektivnyye napravleniya lazernoy meditsiny. — 1992. — N 1. — P. 240–256.
2. Akulich N. V. Intravascular blood laser radiation causes changes of structural parameters of erythrocytes in patients with coronary heart disease / N. V. Akulich, A. V. Marochkov, A. N. Osipenko et al. // Zhurnal Grodnenskogo med. universiteta. — 2009. — N 2. — P. 98–101.
3. Voytsekhovich V. S. Impacts of femtosecond laser radiation upon tumor tissue / V. S. Voytsekhovich, N. V. Dolgoplova, S. L. Zaytsev et al. // Klinichna onkologiya. — 2010. — N 3. — P. 18–22.
4. Gunina L. M. Efficiency of using ω -3 polyunsaturated fatty acids during physical loads / L. M. Gunina, I. S. Chekman, T. Y. Nebesna, N. O. Horchakova // Fiziol. zhurnal. — 2013. — Vol. 59, N 1. — P. 68–77.
5. Zubovskiy D. K. Ways and methods of using curative physical factors in athlete work capacity recovery and enhancement / D. K. Zubovskiy, N. G. Kruchinskiy, V. S. Ulashchik // Sportivnaya meditsina: nauka i praktika. — 2012. — N 1. — P. 20–27.
6. Kryskovets A. M. Usage of nonspecific means of recovery and increase of athlete work capacity after physical loads / A. M. Kryskovets // Lasers in medical and sports practice: conference proceedings. — (Simferopol 12–13 May 2001). — Simferopol, 2001. — P. 128–131.
7. Lasers in clinical medicine / edited by D. S. Pletniyov. — Kiev, Zdorovia, 1999. — 304 p.
8. Lugovskaya S. A. Hematological analyzers. Blood test analysis: methodical recommendations / compiled by S. A. Lugovskaya, M. E. Pochtar, V. V. Dolgov. — Moscow; Tver: PC "Triada", 2007. — 112 p.
9. Marochkov A. V. Intravascular blood laser radiation, interaction mechanisms and clinical use / A. V. Marochkov. — Minsk: B.I, 1996. — 86 p.
10. Moskvin S. V. Laser therapy as a modern stage of heliotherapy development (historical aspect) / S. V. Moskvin // Lazernaya meditsina. — 1997. — Vol. 1, iss. 1. — P. 44–49.
11. Moskvin S. V. Bases of laser therapy / S. V. Moskvin, V. A. Buylin. — Moscow; Tver: PC "Triada", 2006. — 256 p.
12. Moskvin S. V. Intravenous laser blood radiation for rehabilitation of patient with acute myocardium infarction / S. V. Moskvin // Ukr. kardiologichnyi zhurnal. — 2008. — N 2. — P. 32–25.
13. Platonov V. N. System of athletes' preparation in the Olympic sport. General theory and its practical applications / V. N. Platonov. — Kiev: Olimpiyskaya literatura, 2004. — 808 p.
14. Podoltsev A. S. Correction of athlete work capacity according to rheological and biochemical blood indices: methodical recommendations for sports medicine physicians / A. S. Podoltsev. — Minsk, 2006. — 48 p.
15. List of banned substances and methods 2015: International WADA standard. — Minsk: Altiora — zhivyye kraski, 2014. — 16 p.
16. Tits N. U. Encyclopedia of clinical laboratory tests / N. U. Tits. — Moscow: Labinform, 1997. — 960 p.
17. Ferraresi C. Light-emitting diode therapy (LEDT) before matches prevents increase in creatine kinase with a light dose response in volleyball players / C. Ferraresi, R. V. Dos Santos, G. Marques et al. // Lasers Med. Sci. — 2015 — Vol. 30, N 4. — P. 1281–1287. doi: 10.1007/s10103-015-1728-3.
18. Fleckenstein J. Treating chronic knee pain with acupuncture / J. Fleckenstein, W. Banzer // JAMA. — 2015. — Vol. 313, N 6. — P. 627. doi: 10.1001/jama.2014.18505.
19. Gunina L. M. Efficiency of ω -3 Polyunsaturated Fatty Acids at Physical Exercise / L. M. Gunina, I. S. Chekman, T. Yu. Nebesna, N. O. Gorchakova // Int. J. of Physiology and Pathophysiology. — 2013. — Vol. 4, iss. 4. — P. 273–283.
20. Herpich C. M. Analysis of laser therapy and assessment methods in the rehabilitation of temporomandibular disorder: a systematic review of the literature / C. M. Herpich, A. P. Amaral, E. C. Leal-Junior et al. // J. Phys. Ther. Sci. — 2015. — Vol. 27, N 1. — P. 295–301. doi: 10.1589/jpts.27.295.
21. Iacopetti I. Effect of MLS(®) laser therapy with different dose regimes for the treatment of experimentally induced tendinopathy in sheep: pilot study / I. Iacopetti, A. Perazzi, V. Maniero et al. // Photomed. Laser Surg. — 2015. — Vol. 33, N 3. — P. 154–63. doi: 10.1089/pho.2014.3775.
22. Karu T. I. Photobiological fundamentals of low-level laser therapy / T. I. Karu // IEEE J. Quant. Elect. — 1987. — Vol. QE-23. — P. 1703–1717.
23. Leal Junior E.C. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes—preliminary results / E. C. Leal Junior, V. de Godoi, J. L. Mancalossi, et al. // Lasers Med. Sci. — 2011. — Vol. 26, N 4. — P. 493–501. doi: 10.1007/s10103-010-0866-x.
24. Tanke H. J. Flow Cytometry of Human Reticulocytes Based on RNA Fluorescence / H. J. Tanke, I. A. B. Nieuwenhuis, G. J. M. Koper [et al] // Cytometry. — 1980. — Vol. 1, N. 5. — P. 313–320.

¹Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова, Республика Беларусь²Полесский государственный университет, Пинск, Республика Беларусь,³Могилевский областной диспансер спортивной медицины, Республика Беларусь radoeeb@gmail.ru

Поступила 02.10.2015