

ISSN 2225-6016

ВЕСТНИК

*Смоленской государственной
медицинской академии*

Том 16, №2

2017



УДК.61:612.1 /8

СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И КРОВООБРАЩЕНИЯ НА ДЕЙСТВИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И НЕТРАДИЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ

© Брук Т.М., Терехов П.А., Осипова Н.В.

Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризм, Россия, 214018, Смоленск, пр-т Гагарина, 23

Резюме: целью исследования явилось взаимодействие системы внешнего дыхания и кровообращения на фоне действия физической нагрузки до отказа от работы и нетрадиционных средств потенцирования работоспособности лыжников, в частности рассмотрен биостимулирующий эффект курсового низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на специальную выносливость. Установлено, что курсовое применение НИЛИ привело к повышению работоспособности, легочной вентиляции, абсолютных и относительных величин максимального потребления кислорода, анаэробного порога в пульсовом и процентном соотношении, кислородного пульса, минутного и систолического объемов кровообращения, при снижении индекса обмена дыхательных газов и коэффициента использования кислорода. Доказан экономизирующий эффект работы сердца атлетов и ускорения восстановления ЧСС после тестовой нагрузки и лазерного излучения.

Ключевые слова: аэробная работоспособность, низкоинтенсивное лазерное излучение, основные показатели кардиореспираторной системы

STATE OF EXTERNAL BREATH AND BLOOD CIRCULATION ON THE EFFECTS OF PHYSICAL LOAD AND ALTERNATIVE MEANS OF INCREASING ATHLETES PERFORMANCE

Brooke T.M., Terekhov P.A., Osipova N.V.

Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism, Russia, 214018, Smolensk, Gagarin Av., 23

Summary: the aim of the study was to assess the interaction of the system of external respiration and circulation on the background of physical activity up to work cessation and non-traditional means of potentiating of the performance of skiers. The bio-stimulating effect of low-intensity laser (LLLТ) on special endurance is considered in the article. In the experiment, it was revealed that the use of LLLТ led to changes in the study parameters of cardiorespiratory system of skiers, including an increase in capacity, pulmonary ventilation, increase in absolute and relative values of maximal oxygen uptake, anaerobic threshold in the pulse and percentage oxygen pulse, minute and systolic volumes of blood circulation. Reduction in the index of respiratory gas exchange and utilization of oxygen was noted as well. Compensatory effect of the cardiac performance of athletes and increased recovery of the heart rate after the load test and laser radiation were observed in the study.

Key words: aerobic performance, low-intensity laser radiation, the main indicators of cardiorespiratory system

Введение

Лыжный спорт относится к циклическим видам спорта и поэтому основной акцент делается на развитие выносливости. Проведенный анализ этапов развития спорта, в частности лыжных гонок, показывает, что проблема расширения функциональных возможностей организма и достижения высоких спортивных результатов решалась в основном за счет наращивания объема и интенсивности физических нагрузок [4, 5]. В то же время практика показывает, что такая интенсификация тренировочных воздействий приводит к нарушению метаболизма, срыву процессов адаптации, развитию патологии, в частности кардиореспираторной системы, во многом обеспечивающих физическую работоспособность.

Поэтому на современном этапе развития лыжных гонок необходим поиск не только оптимальных физических нагрузок, основанных на знании специфических изменений функциональных систем

организма, присущих процессу становления спортивного мастерства и определяющих динамику их развития, но и современных нетрадиционных способов повышения работоспособности.

В настоящее время, среди таких средств, применяется низкоинтенсивное лазерное излучение [1- 3, 6]. Однако, отсутствие единой методики его использования, отражающих изучение влияния низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) для улучшения показателей специальной выносливости лыжников, при выполнении нагрузки до отказа от работы с оценкой основных параметров кардиореспираторной системы подчеркивает своевременность проведения исследований в этом направлении.

Целью работы явилась оценка влияния низкоинтенсивного лазерного излучения на уровень аэробной выносливости по основным показателям кардиореспираторной системы атлетов с целью её потенцирования.

Методика

Исследование проведено на 12 юношей студентах ФГБОУ ВО «СГАФКСТ». Для репрезентативности выборки испытуемых учитывались антропометрические данные, спортивная специализация (лыжные гонки), возраст (18-20 лет) и спортивная квалификация (1 разряд). Все части эксперимента проведены по методике греческого (перекрестного) эксперимента.

Методы оценки антропометрических показателей: длина тела (см) у атлетов измерялась с помощью ростомера РМ-1 (Россия) с целью стандартизации условий велоэргометрического тестирования, в зависимости от него регулировалась высота сидения велоэргометра, масса тела (кг) измерялась с помощью весов ВС-555 «Tanita» (Япония) для определения максимальной величины относительной мощности (Вт/кг).

Методы дозиметрический контроля лазерного излучения: в работе был использован медицинский лазерный терапевтический аппарат «Узор-ЗКС» со следующими параметрами: длина волны излучения – $0,89 \pm 0,02$ мкм, мощность импульса – 3,7 Вт, частота следования импульсов – 1500 Гц, время экспозиции – 8 мин. на область кубитальной вены в течение 7 дней. Данные параметры лазерного воздействия соответствуют общепринятым стандартам, широко апробированным в терапии.

Методы оценки аэробной работоспособности и газового состава выдыхаемого воздуха: велоэргометрическое тестирование ступенчато возрастающей физической нагрузки осуществлялось на велоэргометре «Kettler FX₁» (Германия). Для оценки внешнего дыхания и газового состава в выдыхаемом воздухе применялся газоанализатор «MetaLyzer 3B-R2», производства компании «CORTEX Biophysik GmbH» и программного приложения «MetaSoft 3» (Германия) с учетом следующих показателей внешнего дыхания (легочной вентиляции, частоты дыхательных движений в 1 мин.; глубины дыхания, индекса обмена дыхательных газов, коэффициента использования кислорода, абсолютных и относительных величин МПК, систолического и минутного объемов крови, анаэробного порога в пульсовом и процентном выражении от МПК, кислородного пульса).

Методы оценки телеметрической пульсометрии: частота сердечных сокращений определялась с помощью мониторов сердечного ритма Polar RS800™ (Финляндия).

Количественную оценку полученных результатов проводили методом непараметрической статистики Манна-Уитни, и Т Вилкоксона с помощью статистического анализа системой «IBM SPSS Statistics 22», для Windows (StatSoft, Inc., США). Различия считались достоверными при значении $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

На начальном этапе исследования была изучена аэробной работоспособности студентов-лыжников на фоне нетрадиционных средств потенцирования. Результаты представлены в табл. 1-2. Применение НИЛИ привело к изменению изучаемых показателей внешнего дыхания и газового состава выдыхаемого воздуха атлетов (табл. 1).

В первую очередь необходимо отметить, что повысилась работоспособность наблюдаемых лыжников-гонщиков. В частности, мощность последней ступени работы (Вт) в ступенчатом тесте на велоэргометре существенно выросла на 3,74%, при ($p < 0,01$). Следовательно, для достижения уровня МПК испытуемым во втором случае (после действия НИЛИ) пришлось выполнить больший объем работы. При этом, легочная вентиляция увеличилась на 8,21%, при, ($p < 0,01$).

Анализируя показатели легочной вентиляции у испытуемых, следует отметить, что практически весь ее прирост был обеспечен приростом частоты дыхания на 6,1% при ($p < 0,01$), т.к. глубина дыхания почти не изменилась ($p > 0,05$). Подобное форсированное дыхание из-за повышения скорости движения воздуха в альвеолах легких неизбежно должно негативно сказываться на эффективности обмена газов между альвеолярным воздухом и кровью, что в свою очередь должно привести к снижению коэффициента использования кислорода.

Действительно, KIO_2 (мл/л) у испытуемых ЭГ в момент достижения МПК при повторном тестировании снизился на 3,51%, при, ($p < 0,05$). Соответственно, повысился и вентиляционный эквивалент кислорода ВЭК (л) на 3,66%, при ($p < 0,05$).

Таблица 1. Динамика внешнего дыхания студентов-лыжников до и после применения низкоинтенсивного лазерного излучения частотой 1500 Гц, $M \pm m$

Показатели	Экспериментальная группа (ЭГ, n=12)	Контрольная группа (КГ, n=12)	p
Масса тела (кг).			
Мнимое НИЛИ	76,50±2,10	75,90±1,95	>0,05
после НИЛИ	76,75±2,12	76,10±2,05	>0,05
p	>0,05	>0,05	
Мощность последней ступени (Вт).			
Мнимое НИЛИ	305,80±3,20	303,85±3,10	>0,05
после НИЛИ	317,25±3,50	307,16±3,40	<0,05
p	<0,01	>0,05	
ЛВ (л/мин) в момент достижения МПК			
Мнимое НИЛИ	129,62±4,10	126,17±3,90	>0,05
после НИЛИ	140,27±4,50	130,09±4,15	<0,05
p	<0,01	>0,05	
ВЭК (л)			
Мнимое НИЛИ	35,51±1,05	36,04±1,12	>0,05
после НИЛИ	36,81±1,20	36,54±1,08	<0,05
p	<0,05	>0,05	
RQ (Respiratory Quotient) – индекс обмена дыхательных газов к концу теста			
Мнимое НИЛИ	1,45±0,05	1,43±0,04	>0,05
после НИЛИ	1,38±0,02	1,42±0,03	<0,05
p	<0,05	>0,05	
ЧД – частота дыхательных движений в 1 мин.			
Мнимое НИЛИ	41,15±1,50	40,70±1,30	>0,05
после НИЛИ	43,70±1,70	41,30±1,55	<0,05
p	<0,01	>0,05	
ГД – глубина дыхания (мл)			
Мнимое НИЛИ	3150,80±60,45	3105,30±58,80	>0,05
после НИЛИ	3210,11±61,20	3155,20±59,10	<0,05
p	>0,05	>0,05	
KIO_2 – коэффициент использования кислорода (мл/л)			
Мнимое НИЛИ	28,15±0,43	27,74±0,41	>0,05
после НИЛИ	27,16±0,40	27,36±0,42	<0,05
p	<0,05	>0,05	

Исходя из полученных результатов, можно утверждать, что под влиянием курсового сеанса низкоинтенсивного лазерного излучения повышается эффективность дыхательного ресинтеза АТФ в мышечных клетках. Подтверждением этого является снижение величины индекса обмена дыхательных газов (RQ) на 4,82% ($p < 0,05$).

В ходе дальнейшей работы были изучены показатели сердечно-сосудистой системы студентов-лыжников (табл. 2). Было установлено увеличение абсолютных на 4,38% и относительных величин МПК на 4,04% после курсового сеанса низкоинтенсивного лазерного излучения (во всех случаях, при $p < 0,05$). Обращает на себя внимание статистически достоверное увеличение важнейших показателей работы сердца - минутного объема кровообращения (МОК) на 2,95% и систолического объема крови (СОК) на 5,30% (во всех случаях, при $p < 0,05$). Увеличение данных

показателей свидетельствует о повышении эффективности работы сердца при выполнении работы максимальной аэробной мощности.

Таблица 2. Динамика показателей сердечно-сосудистой системы студентов-лыжников до и после применения низкоинтенсивного лазерного излучения частотой 1500 Гц, $M \pm m$

Показатели	Экспериментальная группа (ЭГ, n=12)	Контрольная группа (КГ, n=12)	p
МПК (л/мин) – абсолютные значения			
Мнимое НИЛИ	3,65±0,15	3,50±0,10	>0,05
после НИЛИ	3,81±0,20	3,56±0,13	<0,05
p	<0,05	>0,05	
МПК (мл/мин/кг) – относительные значения			
Мнимое НИЛИ	47,71±2,60	46,11±2,30	>0,05
после НИЛИ	49,64±2,85	46,78±2,45	<0,05
p	<0,05	>0,05	
ЧСС мах в момент достижения МПК (уд/мин)			
Мнимое НИЛИ	190,35±3,30	189,50±3,05	>0,05
после НИЛИ	186,11±3,15	193,30±3,45	<0,05
p	<0,05	<0,05	
Систолический объем крови - СОК (мл)			
Мнимое НИЛИ	110,25±4,20	108,90±4,05	>0,05
после НИЛИ	116,10±4,45	107,70±4,15	<0,05
p	<0,05	>0,05	
Минутный объем кровообращения – МОК (л/мин)			
Мнимое НИЛИ	20,98±0,60	20,63±0,65	>0,05
после НИЛИ	21,60±0,80	20,81±0,74	<0,05
p	<0,05	>0,05	
Анаэробный порог (% МПК)			
Мнимое НИЛИ	72,05±1,35	71,14±1,10	>0,05
после НИЛИ	75,59±1,50	72,19±1,35	<0,05
p	<0,05	>0,05	
АП (ЧСС)			
Мнимое НИЛИ	152,15±2,30	150,70±2,25	>0,05
после НИЛИ	159,40±2,46	153,10±2,31	<0,05
p	<0,05	>0,05	
O ₂ – пульс (мл / удар)			
Мнимое НИЛИ	19,17±0,75	18,46±0,60	>0,05
после НИЛИ	20,47±0,75	18,41±0,57	<0,05
p	<0,01	>0,05	

Вырос также кислородный пульс, характеризующий аэробные возможности спортсменов, на 6,78%, при (p<0,01).

В качестве положительных изменений следует отметить значимое повышение анаэробного порога, как для уровня АП, выраженного в процентном отношении к МПК, так и для АП в пульсовом выражении (на 4,91 и 4,76%, при, p<0,05, соответственно).

На завершающем этапе исследования при проведении велоэргометрического тестирования был проведен мониторинг сердечного ритма с помощью кардиомониторов Polar RS800™ (Финляндия). Результаты представлены в табл. 3. Установлено, что однократное применение НИЛИ с частотой 1500 Гц на область кубитальной вены, оказывало значимый экономизирующий эффект работы сердца студентов-лыжников и ускорения восстановления ЧСС после тестовой нагрузки. Об этом свидетельствовало уменьшение ЧСС покоя и ЧСС на 3-й мин. восстановительного периода, а также повышение процента восстановления ЧСС.

Согласно литературным данным, в настоящее время интенсивно исследуются возможности системы внешнего дыхания в целях совершенствования респираторных механизмов её действия на физическую нагрузку до отказа от работы [7, 8].

Таблица 3. Оценка процессов восстановления аэробной работоспособности лыжников после курсового применения НИЛИ частотой 1500 Гц.

Группа / показатели	Исходн. уровень	ЧСС покоя, уд/мин., через 30 мин. НИЛИ	ЧСС max, уд/мин. (МПК)	ЧСС на 3-й мин. восстановления	% восстановления ЧСС
Мнимое НИЛИ (ЭГ, n=12)	77,30 ±0,90	77,05 ±0,85	193,30 ±3,45	140,20 ±1,70	44,22
После НИЛИ (КГ, n=12)	76,80 ±0,80	75,10 ±0,70	186,11 ±3,15	135,40 ±1,40	46,39
%	-0,64	-2,53	-3,71	-3,42	+4,90
W	60	10	14	11	9
p	>0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01

Для повышения возможностей дыхательной функции и аэробной работоспособности ранее [6, 9] были применены такие методы потенцирования, как электростимуляция, вибровоздействие, магнитно-лазерное излучение на различные участки кожного покрова и биологически активные точки организма атлетов. Изучены случаи однократного применения лазерного излучения на состояние кардиореспираторной системы [3, 5], вегетативного гомеостаза [1, 11], нейроэндокринного статуса [2], процессов микроциркуляции [4]. Однако отсутствие единой методики применения и неоднозначность полученных результатов послужило основанием для изучения курсового применения НИЛИ на кардиореспираторную систему.

Представленные в таблицах 1-2 данные свидетельствуют о результатах его биостимулирующего эффекта, выражающегося в повышении работоспособности, легочной вентиляции, абсолютных и относительных величин максимального потребления кислорода, анаэробного порога в пульсовом и процентном соотношении, кислородного пульса, минутного и систолического объемов кровообращения, при снижении индекса обмена дыхательных газов и коэффициента использования кислорода.

Заключение

Таким образом, в работе продемонстрирован экономизирующий эффект работы сердца атлетов и ускорения восстановления ЧСС после тестовой нагрузки и лазерного излучения. В связи с этим, можно говорить о том, что полученные данные имеют уже сейчас определенную практическую значимость и открывают перспективы для индивидуализации учебно-тренировочного процесса и достижения оптимальной спортивной формы к конкретному соревнованию.

Литература (References)

1. Брук Т.М. Павлов А.И., Терехов П.А., Титов В.А., Волкова А.А. Оценка вегетативной регуляции ритма сердца и особенностей функций внешнего дыхания спортсменов-фехтовальщиков // Теория и практика физической культуры. – 2011 – №6. – С. 41-44. [Bruk T.M. Pavlov A.I., Terehov P.A., Titov V.A., Volkova A.A. *Teorija i praktika fizicheskoj kul'tury*. Theory and Practice of Physical Culture. – 2011. – N6. – P. 41-44. (in Russian)]
2. Брук Т.М. Правдивцев В.А., Евсеев А.В. Эффект курсового низкоинтенсивного лазерного излучения на энергетическое состояние головного мозга спортсменов и скоростно-силовые компоненты мышечных сокращений // Вестник СГМА. – 2014. - №2, Т. 13. – С. 34-39. [Bruk T.M. Pravdivcev V.A., Evseev A.V. *Vestnik SGMA*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2014. – N2. – Т. 13. – P. 34-39. (in Russian)]
3. Брук Т.М., Балабохина Т.В., Осипова Н.В., Стрельчева К.А. Показатели функционального состояния кардиореспираторной системы высококвалифицированных спортсменов на фоне физической нагрузки и лазерного излучения // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовка кадров по физической культуре, спорту и туризму: материалы XIV Международной научной сессии по итогам научно-исследовательской работы за 2015 год, Минск, 12-14 апр. 2016 г.: в 3 ч. / Белорусский государственный университет физической культуры. Т.Д. Полякова (гл. ред.). – Минск: БГУФК, 2016. – Ч.3. – С. 230-235. [Bruk T.M., Balabohina T.V., Osipova N.V., Strelycheva K.A. *Nauchnoe obosnovanie fizicheskogo vospitaniya, sportivnoj trenirovki i podgotovka kadrov po fizicheskoj kul'ture, sportu i*

- turizmu: materialy HIV Mezhdunarodnoj nauchnoj sessii po itogam nauchno-issledovatel'skoj raboty za 2015 god. The indicators of the functional state of the cardiorespiratory system of elite athletes on the background of physical activity and laser radiation // Scientific substantiation of physical education, sports training and training on Physical Culture, Sports and Tourism: Proceedings XIV International scientific session on the results of the research work for the 2016. – 2016. – Part 3. – P. 230-235. (in Russian)]*
4. Брук Т.М., Грец Г.Н., Литвин Ф.Б., Баранов В.В. Возможности персонированного капиллярскопического контроля обмена веществ в системе микроциркуляции у спортсменов высшего уровня мастерства // Теория и практика физической культуры. – 2016 – №1. – С. 25-27. [Bruk T.M., Grec G.N., Litvin F.B., Baranov V.V. *Teorija i praktika fizicheskoj kul'tury*. Theory and Practice of Physical Culture. – 2016. – N1. – P. 25-27. (in Russian)]
 5. Брук Т.М., Косорыгина К.Ю., Стрелычева К.А. Влияние курсового низкоинтенсивного лазерного излучения на функциональное состояние кардиореспираторной системы высококвалифицированных шорт-трековиков во время выполнения нагрузочного теста «до отказа» от работы // Лечебная физическая культура и спортивная медицина. – 2016 – №2. – С. 12-17. [Bruk T.M., Kosorygina K.Ju., Strelycheva K.A. *Lechebnaja fizicheskaja kul'tura i sportivnaja medicina*. Therapeutic physical culture and sports medicine. – 2016. – N2. – P. 12-17. (in Russian)]
 6. Волчкова О.А. Биологическое обоснование комбинированного воздействия вибромиостимуляции и общей магнитотерапии для улучшения функционального состояния и работоспособности спортсменов: Дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 2010 – 152 с. [Volchkova O.A. *Biologicheskoe obosnovanie kombinirovannogo vozdejstvija vibromiostimuljacii i obshhej magnitoterapii dlja uluchshenija funkcional'nogo sostojanija i rabotosposobnosti sportsmenov (kand. dis.)*. Biological basis of the combined influence of general magnetotherapy vibromiostimulyatsii and to improve the functional status and working capacity of sportsmen (Candidate Thesis). – Moscow, 2010. – 152 p. (in Russian)]
 7. Вяльбе Е.В. Система соревнований и структура этапа непосредственной подготовки к главному старту высококвалифицированных лыжников-гонщиков: Дис. ... канд. пед. наук. – Москва, 2007 – 126 с. [Vjal'be E.V. *Sistema sorevnovanij i struktura jetapa neposredstvennoj podgotovki k glavnomu startu vysokokvalificirovannyh lyzhnikov-gonshhikov (kand. dis.)*. Competition system and structure of the stage of immediate preparation for the main start of skilled skiers (Candidate Thesis). – Moscow, 2007. – 126 p. (in Russian)]
 8. Двоскин А.С. Тактическая подготовка лыжников-спринтеров к соревновательной деятельности: Дис. ... канд. пед. наук. – СПб, 2010. – 208 с. [Dvoskin A.S. *Takticheskaja podgotovka lyzhnikov-sprinterov k sorevnovatel'noj dejatel'nosti (kand. dis.)*. Tactical training cross-country sprint for competitive activity (Candidate Thesis). – St. Petersburg, 2010. – 208 p. (in Russian)]
 9. Сидоренко Т.А. Повышение физических и функциональных показателей занимающихся физической культурой и спортом посредством физиотерапевтических воздействий: Дис. ... канд. пед. наук. – Малаховка, 2008. – 172 с. [Sidorenko T.A. *Povyshenie fizicheskix i funkcional'nyh pokazatelej zanimajushhihsja fizicheskoj kul'turoj i sportom posredstvom fizioterapevticheskix vozdejsvij (kand. dis.)*. Improving the physical and functional indicators engaged in physical culture and sports through physiotherapy effects (Candidate Thesis). – Malakhovka, 2008. – 172 p. (in Russian)]
 10. Соколова Ф.М., Олисов Д.Г. Эффективность сочетанного воздействия гипоксической газовой смеси и электростимуляции для коррекции работоспособности ватерполистов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2013 – №10. – С. 174-178. [Sokolova F.M., Olisov D.G. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. Scientific notes of the University after name P.F. Lesgaft. – 2013. – N10. – P. 174-178. (in Russian)]
 11. Тамбовский А.Н., Сидоренко Т.А. Влияние комплекса физиотерапевтических средств на организм спортсменов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015 – № 5. – С. 185-190. [Tambovskij A.N., Sidorenko T.A. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. Scientific notes of the University after name P.F. Lesgaft. – 2015. – N5. – P. 185-190. (in Russian)]

Информация об авторах

Брук Татьяна Михайловна – доктор биологических наук, профессор кафедры биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма. Email: bryktmcenter@rambler.ru

Терехов Павел Александрович – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры биологических дисциплин «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма. Email: terechov_86@mail.ru

Осипова Наталья Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологических дисциплин «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма. Email: osipovanv@mail.ru