

БЛИЖАЙШИЕ ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛОКАЛЬНОЙ АЭРОКРИОТЕРАПИИ НА СИСТЕМУ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СПОРТСМЕНОВ-ЛЕГКОАТЛЕТОВ, РАЗВИВАЮЩИХ АЭРОБНУЮ ВЫНОСЛИВОСТЬ

И.Н. Рубченя, канд. биол. наук, доцент¹, Е.А. Лосицкий², Н.В. Жилко¹, Я.А. Песоцкая, канд. биол. наук, доцент¹,

¹Белорусский государственный университет физической культуры,

²Республиканский центр спортивной медицины

Ближайшие эффекты однократного и курсового криовоздействия связаны со значительными изменениями в системе кровообращения спортсменов-легкоатлетов. Проведение курса процедур ЛАКТ сопровождалось увеличением уровня аэробной выносливости, что способствует совершенствованию механизмов адаптации системы кровообращения к аэробной нагрузке и подтверждается динамикой показателей частоты сердечных сокращений, систолического давления, ударного и минутного объема крови, общего периферического сопротивления сосудов как в покое, так и после выполнения нагрузочного теста.

Immediate effects of a single and course cryotherapy are associated with significant changes in the circulatory system of a track-and-field athlete. A course of local aerocryotherapy (LACTh) was accompanied by increasing of the level of aerobic endurance which helps to improve adaptation mechanisms of the circulatory system to an aerobic load and is confirmed by the dynamics of the indices of the heart rate, systolic blood pressure, stroke and minute blood volume, total peripheral vascular resistance at rest, and after a stress test as well.

Многочисленными исследованиями в области термофизиологии, экологической физиологии, показано, что системы органов и организм в целом подвержены, в первую очередь, влиянию температурных воздействий, и лишь в последующем – влиянию электрических, бактериальных, механических и других факторов внешней среды. Известно, что человек гомойотермен, отличается относительным постоянством температуры тела, однако температурный фактор оказывает существенное влияние на скорость протекания обмена веществ и процессов жизнедеятельности: физико-химических, ферментативных реакций, всасывания, проведения возбуждения, мышечного сокращения, функционирования систем организма и др. [1].

При воздействии низкотемпературного фактора (в том числе и ультранизкотемпературного) наблюдается особое состояние гипотермии, которое связано с явлением холодового возбуждения. Холодовое периферическое возбуждение, в зависимости от его характера, силы и продолжительности включает, различные

механизмы терморегуляции. Первичные сигналы о температурном раздражении формируются в специфических холодových рецепторах, которые расположены на различных участках кожи, во внутренних органах, дыхательных путях, в артериях, многих крупных венах, а также в коре больших полушарий, спинном мозге, ретикулярной формации, среднем мозге, гипоталамусе.

Центральные терморепрепторы расположены в передней части гипоталамуса и чувствительны к изменению температуры артериальной крови, омывающей гипоталамус. Импульсация от центральных рецепторов идет к различным частям гипоталамуса, регулируя теплопродукцию и теплоотдачу. Термочувствительные нейроны гипоталамуса реагируют на перепады осмотического давления, артериального давления, изменения концентрации глюкозы, различных ионов, гормонов, медиаторов, нейропептидов. Интенсивность теплоотдачи в термонейтральной зоне при действии холода регулируется посредством изменения тонуса поверхностных периферических сосудов.

При действии низкой температуры система терморегуляции «облагает налогом» многие органы и системы, повышение активности которых вносит вклад в несократительный термогенез. Развитие сократительного термогенеза (терморегуляционного мышечного тонуса, холодной дрожи) при защите от переохлаждения или при восстановлении температуры тела после торпора (оцепенения), зимней спячки или вынужденной гипотермии формирует функциональную систему терморегуляции, которая включает симпатическую, эндокринную, мышечную и ряд других регуляторных систем организма. Сердечно-сосудистая система постоянно участвует в обеспечении терморегуляции, путем переноса теплой/холодной крови, изменения параметров гемодинамики, включения вазомоторных реакций, поддержания определенного термоградиента между «ядром» и «оболочкой» тела [1].

Действие низких температур на сердечно-сосудистую систему (ССС) во многом опосредовано нервной, рефлекторной и гуморальной регуляцией центрального и регионарного кровотока. На деятельность сердечно-сосудистой системы рефлекторно влияет импульсация от целого ряда вышеперечисленных структур, чувствительных к низкотемпературным сдвигам. Информация интегрируется на уровне продолговатого мозга и варолиева моста. Расположенная здесь нейронная сеть, отвечающая за эту интеграцию, образует сердечно-сосудистый центр (ССЦ), на деятельность которого влияют сигналы от других отделов мозга, в том числе, гипоталамуса, миндалевидных ядер, коры больших полушарий. Из сердечно-сосудистого центра команды поступают к двигательным нейронам вегетативной нервной системы, иннервирующим сердце и гладкие мышцы артериол и вен, а также к эндокринным железам, которые также вносят свою лепту в регуляцию кровотока при действии низкотемпературного фактора [1].

Практическое применение криотерапевтических воздействий (кратковременный контакт кожного покрова тела с охлажденным до температуры $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$

и ниже газом) свидетельствует о выраженных фазовых изменениях в деятельности периферических сосудов, которые проявляются вначале воздействия спазмом мелких артерий и артериол, прекапиллярных сфинктеров, замедлением скорости кровотока. Максимальное сужение сосудов кожи отмечается при воздействии газовой средой температурой $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 2 минут. Сужение кожных сосудов является первой защитной фазой сосудистой реакции на экстремальное охлаждение. Затем развивается вторая защитная фаза сосудистой реакции в виде выраженного расширения периферических артериальных сосудов, что приводит к активной артериальной гиперемии, продолжительность которой варьируется от десятков минут до нескольких часов, в зависимости от интенсивности охлаждения. Вторая сосудистая фаза является компенсаторной, способствует усиленному теплообразованию, препятствует ишемии и нарушению питания тканей. Как правило, вазодилатация во второй фазе сосудистой реакции носит ярко выраженный характер, проявляется резким порозовением кожных покровов, повышением кожной температуры до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4–6].

Существуют специализированные (рефлексогенные) зоны периферических участков кожи, раздражение которых способно вызвать направленное изменение обмена веществ и физиологических функций в конкретном органе или системе органов. Научно доказано, что при температурном раздражении стоп и голей изменяется кровоток и интенсивность обменных реакций в коре головного мозга, холодное раздражение кистей рук сказывается на кровотоке в сосудах сердца, холодная сидячая ванна вызывает сужение сосудов легких [3–7]. Помимо рецепторов, температурный раздражитель оказывает непосредственное влияние на гладкомышечные волокна сосудистой стенки, напряжение которой снижается под воздействием тепла и усиливается при воздействии холода [3].

В исследованиях последних лет показано, что эффективность терморегуляторных механизмов организма человека достаточно высока, так экстремальное охлаждение путем обдува отдельных участков тела холодным воздухом с температурой до $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение нескольких минут вызывает закономерное включение терморегуляторных реакций, при этом перенапряжения механизмов терморегуляции не наблюдается. Кроме того ответная реакция на криовоздействие проявляется положительными адаптационными вегетососудистыми изменениями, а также изменением ряда биохимических показателей крови: увеличением концентрации глюкозы, мочевой кислоты, холестерина, триглицеридов и снижением уровня свободных жирных кислот. При этом показатели насыщения крови кислородом у исследуемых повышаются, что согласуется с данными, касающимися определения уровня потребления кислорода у животных в условиях холода, когда показатель кислородного потребления возрастает в 3–9 раз [4].

В представленном исследовании использовалась методика локального холодного обдува дистальных точек акупунктуры компактной струей хладагента с целью общеукрепляющего и профилактического воздействия на регуляторные и функциональные системы организма спортсмена. Дистальные точки и зоны

при проведении процедур локальной аэрокриотерапии назначались врачом-рефлексотерапевтом.

Цель настоящего исследования – изучить ближайшие эффекты воздействия локальной аэрокриотерапии на систему кровообращения и физическую работоспособность спортсменов легкоатлетов, развивающих аэробную выносливость.

Методы и организация исследования. Сеансы локальной аэрокриотерапии проводились на базе Республиканского центра спортивной медицины в условиях восстановительного отделения и на кафедре физиологии и биохимии Белорусского государственного университета физической культуры с использованием установки «Криоджет С200» производства немецкой компании «CRIO Medizintechnik GmbH». Установка обеспечивает охлаждение атмосферного воздуха до $-30-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и подачу его в виде воздушной струи по гибкому шлангу к телу пациента. Объемный расход воздушного потока задается на приборной панели и варьируется в пределах 350–1500 л/мин. Криовоздействия проводились с расстояния 2–4 см от сопла до поверхности кожи пациента в области проекции точек акупунктуры. Мощность и время процедуры подбирались индивидуально. В целом продолжительность холодового воздействия составила 2 минуты на каждую из 6 определенных точек акупунктуры, общее время процедуры – 12–15 минут. Курс криовоздействий составил десять процедур, проводимых ежедневно в одно и то же время. В период курсового воздействия ЛАКТ других физиотерапевтических процедур и медикаментозного лечения спортсмены не получали.

Объектом исследования являлись студенты-спортсмены, специализирующиеся в беге на средние и стайерские дистанции и обучающиеся на спортивно-педагогическом факультете массовых видов спорта (2–4 курс) БГУФК. У исследуемых легкоатлетов масса тела составила $67,43\pm 5,56$ кг, длина тела – $176,86\pm 6,14$ см, средний возраст – $20,0\pm 1,52$ лет. Среди исследуемых спортсменов – один МС, двое КМС, остальные спортсмены (7 человек) имели массовые разряды. Изучение функционального состояния ССС, физической работоспособности спортсменов-легкоатлетов проходило в зимний предсоревновательный период подготовки ноябре-декабре 2011 года и проводилось до и после курса ЛАКТ. В ходе исследования анализировали также однократный эффект локального криовоздействия.

Для исследования центрального и регионарного кровообращения применялся метод реографии с использованием программно-технического комплекса «ИМПЕКАРД – М». Также в ходе исследования регистрировалась частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), систолическое, диастолическое и пульсовое артериальное давление (соответственно САД, ДАД, ПД, мм рт. ст.). Показатели центральной и периферической гемодинамики определялись в состоянии покоя и после выполнения нагрузочного тестирования.

В исследовании использовали аэробную степ-тестовую нагрузку продолжительностью 6 минут. Подъемы и спуски с тумбы высотой 40 см выполнялись под метроном в темпе 22 цикла за 1 минуту.

С использованием степ-тестовой нагрузки определяли МПК и соответственно показателям МПК – уровень физической работоспособности [8].

Результаты исследования и их обсуждение. Изучение показателей МПК и уровня физической работоспособности с использованием степ-тестовой нагрузки до применения курса ЛАКТ выявило, что среднее значение МПК абсолютного у исследуемых составило $3,60 \pm 1,14$ л/мин, относительного – $53,06 \pm 14,92$ мл/мин/кг, что соответствует высокой работоспособности легкоатлетов (таблица 1).

Среднегрупповые величины МПК_{абс.} и МПК_{отн.} у спортсменов после применения курса ЛАКТ увеличивались по отношению к исходным данным и стали соответствовать показателям очень высокой работоспособности (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели абсолютного и относительного максимального потребления кислорода у легкоатлетов мужчин, развивающих выносливость до и после применения курса ЛАКТ ($X \pm m$)

Показатели	До ЛАКТ	После ЛАКТ	Значимость различий (P)
МПК _{абс.} , л/мин	$3,60 \pm 1,14$	$4,80 \pm 0,71$	$<0,05$
МПК _{отн.} , мл/мин/кг	$53,06 \pm 14,92$	$71,49 \pm 11,5$	$>0,05$

Установлено, что в состоянии покоя до воздействия курса процедур ЛАКТ средние значения САД и ДАД у всех исследуемых спортсменов-легкоатлетов находились в пределах нормы (таблица 2). Частота сердечных сокращений соответствовала уровню тренированного человека и составила от 60 до 64 уд/мин.

Студенты-спортсмены проходили обследование в предсоревновательном периоде, что объясняет хорошее функциональное состояние ССС. Тенденция ДАД к верхней границе нормы может быть обусловлена скоростью направленностью тренировочных нагрузок на фоне недостаточного восстановления организма.

Изучение реографических показателей центральной гемодинамики выявило, что у испытуемых на начальном этапе наблюдения ударный объем крови (УОК) в состоянии покоя и после нагрузки составил $98,9 \pm 14,6$ и $86,5 \pm 4,2$ мл соответственно. Минутный объем кровообращения (МОК) при этом составил $4,5 \pm 0,3$ и $5,1 \pm 0,6$ л/мин, соответственно в покое и при выполнении нагрузочного тестирования. Таким образом, степ-тестовая нагрузка не вызвала увеличения УОК, при этом некоторое увеличение МОК у спортсменов происходило за счет увеличения ЧСС, т. е. за счет усиления хронотропной функции сердца (таблица 2). Однократное воздействие криопроцедуры приводило к увеличению УОК на 19 % по сравнению с состоянием покоя ($p > 0,05$), при этом отмечено значительное снижение показателя общего периферического сопротивления сосудов (28 %, $p > 0,05$, таблица 2).

Таблица 2 – Показатели центральной гемодинамики у легкоатлетов в состоянии покоя и после степ-тестовой нагрузки в условиях курсового воздействия ЛАКТ ($X \pm m$)

Показатели	Спортсмены-легкоатлеты		
	Покой	Нагрузка	Криовоздействие
	До курса ЛАКТ		
САД, мм рт. ст.	115.3±6.6	150.0±6.6	110.0±3.3
ДАД, мм рт. ст.	83.3±4.4	70.0±0.3	66.6±4.4
ПД, мм рт. ст.	31.6±8.8	83.3±11,1	46.6±4.4
ЧСС, уд/мин	61.3±0.8	138.0±16.0	60.2±1.5
УОК, мл	98.9±14.6	86.5±4.2	121.8±29.1*
МОК, л/мин	4.5±0.3	5.1±0.6	6.3±0.6*
СИ, л/(мин/м ²)	2.8±0.4	2.7±0.1	3.4±0.4
ОПС, дин·см ⁻⁵	1513.2±225.8	1482.67±32.2	1101.27±102.8*
ДНЛЖ, мм рт. ст.	17.9±1.4	17.6±1.33	18.1±1.0
	После курса ЛАКТ		
САД, мм рт. ст.	117.9±5.67	136.0±17.7**	116.6±4.4
ДАД, мм рт. ст.	75.71±6.07	71.0±6.6	75.0±10.4
ПД, мм рт. ст.	45.0±5.77	68.6±21.2	41.6±5.5
ЧСС, уд/мин	58.0±4.62	118.0±9,3**	58.6±3.1
УОК, мл	96.4±6.3	115.3±18,17**	117.7±4.0**
МОК, л/мин	5,0±0.12	7.16±0,90**	6.1±0.3
СИ, л/(мин/м ²)	3.2±0.4	3.9±0.6	3.3±0.2
ОПС, дин·см ⁻⁵	1187.3±136.4**	1073.5±338.6**	1153.6±23.8
ДНЛЖ, мм рт. ст.	18.2±0.5	18.7±2.2	17.7±0.7

Примечание – * – различия достоверны ($p < 0.05$) по сравнению с состоянием покоя;
 ** – различия достоверны ($p < 0.05$) по сравнению с исходными данными.

Сразу после применения курса процедур ЛАКТ выявлен ряд значимых изменений в показателях, характеризующих состояние центральной гемодинамики (таблица 2). Так у исследуемых спортсменов в состоянии покоя наблюдалась тенденция к урежению ЧСС, уменьшилось общее периферическое сопротивление сосудов на 18 % по сравнению с исходным состоянием. Выполнение степ-тестовой нагрузки выявило, что курс процедур ЛАКТ способствует повышению уровня адаптации системы кровообращения к физическим нагрузкам, поскольку в ответ на нагрузочное тестирование наблюдалось уменьшение, по сравнению с первоначальным состоянием, показателей САД, ЧСС, ОПС на 10, 15, 28 % соответственно; при этом показатели УОК и МОК возрастали в ответ на нагрузку, что свидетельствует об улучшении сократительной способности миокарда и экономизации функций ССС (таблица 2). Следует отметить, что спортсмены реагировали на заключительную криопроцедуру увеличением сердечного выброса, при этом УОК возрос на 29 % по сравнению с состоянием покоя (таблица 2).

Полученные данные указывают на то, что курс из 10 процедур ЛАКТ в ближайшие сроки после воздействия вызывает улучшение сократительной способности миокарда у спортсменов циклических видов спорта и повышение физической работоспособности. В основе последствий ЛАКТ лежат как рефлектор-

ные внутрисердечные механизмы, так и центрально-нервные, обусловленные холодным воздействием на ССЦ. Таким образом, локальная аэрокриотерапия обладает хорошим не только восстановительным, но и тренирующим воздействием на систему кровообращения и организм в целом [2].

Изучение функционального состояния регионарной гемодинамики до и после курса ЛАКТ у легкоатлетов, развивающих аэробную выносливость, показало, что в состоянии покоя у всех легкоатлетов резко или умеренно снижено кровенаполнение артериальных сосудов нижних конечностей (бедро), оцениваемого по реографическому индексу (РИ), снижен также индекс периферического сопротивления. Индекс эластичности снижен у 24 % спортсменов. Венозный отток затруднен у 43 % исследуемых спортсменов. В состоянии покоя отмечается закономерное развитие экономизации кровоснабжения.

После нагрузки показатели регионального кровотока нижних конечностей изменялись разнонаправленно, однако при сравнении их с классификационными граничными значениями оказались умеренно снижены. Таким образом, у большинства легкоатлетов наблюдалось понижение фонового кровотока как в состоянии покоя, так и после функциональной пробы (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели кровообращения нижних конечностей спортсменов-легкоатлетов в покое и после степ-тестовой нагрузки до и после применения курса ЛАКТ ($X \pm m$)

Показатели	Спортсмены-легкоатлеты		
	Покой	Нагрузка	Криовоздействие
До курса ЛАКТ			
РИ. Ом	0.009±0.005	0.001±0.0001	0.009±0.0004
ИЭ. отн. ед.	42.2±16.7	34.6±20.1	35.5±16.5
ИПС. отн. ед.	30.1±14.4	44.5±6.4	34.81±4.2
ДИ. отн. ед.	40.8±18.1	46.1±12.2	50.2±10.5
ППК. отн. ед.	2.8±1.4	3.0±1.0	5.1±0.8
ОСК. отн. ед.	9.4±5.1	12.1±3.7	9.7±1.4
После курса ЛАКТ			
	Покой	Нагрузка	
РИ. Ом	0.017±0.001*	0.01±0.003*	
ИЭ. отн. ед.	46.9±20.4	42.0±17.1	
ИПС. отн. ед.	35.9±15.2	30.4±10.4	
ДИ. отн. ед.	35.2±10.0	44.16±16.2**	
ППК. отн. ед.	5.8±1.5	3.6±1.8	
ОСК. отн. ед.	19.1±6.3	12.7±5.5	

Примечание – * – различия достоверны ($p < 0.05$) по сравнению с исходными данными; ** – различия достоверны ($p < 0.05$) по сравнению с состоянием покоя.

Однократное криовоздействие в значительной степени не изменяло функциональное состояние регионарной гемодинамики спортсменов.

После курсового воздействия ЛАКТ показатели артериального кровотока в состоянии покоя и после физической нагрузки, оцениваемые по РИ, увеличива-

лись. На данном этапе исследования степ-тестовая нагрузка вызывала увеличение венозного оттока (диастолического индекса, ДИ), приводила к некоторому снижению индекса периферического сопротивления сосудов (ИПС) (таблица 3).

Заключение. В условиях тренировочного процесса с применением курса ЛАКТ в качестве средства восстановления и повышения работоспособности у спортсменов-легкоатлетов формируется функциональная система, которая определяется рядом составных элементов и особенностями их сочетания. Физиологическими детерминантами эффекторной части функциональной системы являются: инотропная, хронотропная и сосудистая реакции ССС, особенности которых опосредованы интенсивностью и длительностью физических нагрузок, а также корригирующим воздействием холодового температурного фактора.

Применение курса ЛАКТ способствует совершенствованию механизмов адаптации системы кровообращения спортсменов легкоатлетов к физической нагрузке аэробной направленности, что подтверждается динамикой показателей частоты сердечных сокращений, систолического давления, ударного и минутного объемов крови как в покое, так и после выполнения нагрузочного теста. Под влиянием курса ЛАКТ также происходит некоторая перестройка периферического звена кровообращения, формируются специфические сосудистые реакции, которые характеризуются увеличением венозного оттока и экономизацией кровообращения нижних конечностей спортсменов.

Проведение криотерапевтической процедуры сопровождалось достоверным увеличением физической работоспособности спортсменов легкоатлетов по показателям МПК.

1. Пастухов, Ю.Ф. Адаптация к холоду и условиям субарктики: проблемы термофизиологии / Ю.Ф. Пастухов, А.Л. Максимов, В.В. Хаскин. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 2003. – Т. 1. – 373 с.
2. Зубовский, Д.К. Введение в спортивную физиотерапию / Д.К. Зубовский, В.С. Улащик. – Минск: БГУФК. 2009. – 235 с.
3. Медицинская криология: сб. науч. тр. – Н. Новгород. 2004. – 408 с.
4. Шимаи, А.Г. Клинико-физиологические аспекты применения криотерапии / А.Г. Шимаи [и др.] // Вестник СПб. гос. мед. Акад. им. И.И. Мечникова. – 2001. – № 1. – С. 27.
5. Чернышев, И.С. Экстремальная криотерапия в современной практической медицине / И.С. Чернышев [и др.] // Медицинская криология: сб. науч. тр. – Н. Новгород. 2001. – Вып. 2. – С. 23–28.
6. Fricke, R. Steigerung von Muskelkraft und Leistung durch Ganzkörper-Kältetherapie -110°C über 1, 2 und 3 Minuten / R. Fricke, G. Grapow, G. Knauer // DRV-Schriften Band. – 1998. – № 12.
7. Fricke, R. Sprint nach Ganzkörperkälteexposition -110°C , 2 min / R. Fricke [et al.] // DRV-Schriften Band. – 1999. – № 2.
8. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, Э.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: – 1988. – 201 с.
9. Баранов, А.Ю. Лечение холодом. Криомедицина / А.Ю. Баранов, В.Н. Кидалов. – СПб.: Атон. 1999. – 272 с.
10. Иванов, К.П. Температурная сигнализация и ее обработка в организме. Механизмы переработки информации в сенсорных системах: Л.: 1975. – С.7–9.
11. Максимов, А.В. Аэрокриотерапия: учеб. пособие / А.В. Максимов, В.В. Кирьянова. – СПб.: МАПО. 2000. – 20 с.

Поступила 14.05.2012