

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ К БОЛЬШИМ ТРЕНИРОВОЧНЫМ НАГРУЗКАМ, РАЗВИВАЮЩИМ ВЫНОСЛИВОСТЬ СПОРТСМЕНОВ

А.С. Бахарева, А.П. Исеев, Е.Ю. Савиных, Э.Ф. Баймухаметова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Цель работы – адаптация, ведущая к эффективной спортивной результативности, достигается применением больших тренировочных нагрузок (БТН) для каждого спортсмена посредством вариативного применения комбинаций лыжной подготовки. **Организация и методы исследования.** Обследованию подверглись два лыжника-гонщика разной спортивной квалификации (МС и КМС) в возрасте 20–21 год со спортивным стажем 10–12 лет. **Результаты исследования.** Выявлено, что кровоток скелетных мышц превышал референтные границы (14,56–16,93 %, $p < 0,05$), а мозговой кровоток на 100 г ткани, давление спинномозговой жидкости находились в границах контроля. Аналогично выявили показатели сопротивления малого круга кровообращения, время кровообращения большого круга. При этом расходуемая мощность жизнеобеспечения у спортсмена МС превышала референтные границы ($p < 0,05$). Установлена низкая скорость оксигенации у обоих лыжников в покое (у МС она составила 262,09 мл/мин, у КМС – 244 мл/мин). **Заключение.** Таким образом, спортивная результативность лыжников-гонщиков определяется специфическими адаптационными перестройками дыхательной и сердечно-сосудистой систем; представленные по результатам исследования показатели могут быть использованы в качестве модельных характеристик при оценке степени готовности лыжников-гонщиков к соревнованиям, в коррекции учебно-тренировочного процесса и при проведении восстановительных мероприятий.

Ключевые слова: клетка, система крови, обменные процессы, кровоток, легочная вентиляция, газообмен, интеграция физиологических процессов.

Р. Мохан и соавт. [4] определили клеточные принципы, характеризующие стили физиологической и метаболической адаптации к БТН, возможные пути нейтрализации лактата, регуляции гормонального ответа, ферментативной активности, обеспечивающие организм процессы, базирующиеся на клеточной и генетической основах. Гены регулируют функции клеток, а также структурные, функциональные ферментные составляющие и другие вещества, входящие в клетки и образующиеся в них.

Это и структурные белки, ферменты, которые являются катализаторами внутриклеточных химических реакций. Структурные белки, связываясь с липидами и углеводами, участвуют в формировании тех самых структур клеточных органелл. С участием ферментов идут все окислительные реакции, обеспечивающие клетку энергией, и внутриклеточный синтез липидов, гликогена, АДФ и других веществ. Значение ДНК заключается в том, что она посредством генетического кода определяет синтез разнообразных клеточных белков и аминокислот пролина, серина и глю-

таминовой кислоты [1]. Стадии синтеза белка включают три этапа: активация аминокислот при взаимодействии с АТФ и образования комплекса с аденозинмонофосфатом. Все функции клетки регулируются генами. Клеточное деление находится под контролем ДНК. Окончанию цикла служит цепь клеточных операций, называемая митозом. Репликация ДНК начинается до митоза и длится 4–8 ч. Мышечные волокна не способны делиться.

Сравнительный анализ эритроцитов у лыжников-гонщиков по сравнению с контролем (5 млн в 1 мм^3) выявил низкие значения: так у КМС уровень эритроцитов составил $4,66 \pm 0,09 \text{ мм}^3$, у МС – $3,72 \pm 0,29 \text{ мм}^3$, $p < 0,05$. Важна газовая функция транспорта гемоглобина, являющаяся кислотнo-щелочным буфером. Особенность динамики кислотнo-основного состояния заключается в том, что у менее подготовленного спортсмена к метаболическому ацидозу присоединяется респираторный ацидоз из-за увеличения CO_2 , что наблюдалось нами при ступенчатой эрго-спирометрической нагрузке (4 ступени по 3 мин

мощностью 60, 120, 180, 260 Вт и 60 об/мин). Очевидно, что пониженное количество эритроцитов, с одной стороны, может свидетельствовать о железодефицитной анемии, а с другой – снижает возможность обеспечения достаточного транспорта O_2 к легким и тканям. Значения лимфоцитов у спортсмена КМС ($43,45 \pm 2,11\%$) превосходили контроль ($19\text{--}37\%$, $p < 0,05$). Лимфоциты отражают диапазон концентрации лейкоцитов в крови и характеризуют изменения адаптационной реакции организма [2, 5].

Количество сегментоядерных нейтрофилов у спортсмена КМС было ниже референтных границ. Отношение лимфоцитов к сегментоядерным нейтрофилам равнялось 1,00 и 0,42 у. е. соответственно, что соответствует реакциям повышенной активации и реакции тренировки. Эозинофилы нейтрализуют воспалительные вещества, предупреждая воспаления. По величине эозинофилов можно судить об изменении глюкокортикоидов и адаптации к стресс-воздействиям [6]. Эозинофилы являются антогонистами тучных клеток и базофилов благодаря секреции веществ, предупреждающих длительные действия БАВ этих клеток.

Показатели палочкоядерных нейтрофилов у спортсмена МС были выше контроля ($1\text{--}6\%$), число палочкоядерных, сегментоядерных нейтрофилов и лимфоцитов отражает готовность организма лыжников-гонщиков к предполагаемым стресс-факторам.

Диапазоны начала и завершения свертывания крови лыжников-гонщиков находились в референтных границах. Тромбоциты составляют в крови в контрасте $180\text{--}320 \times 10E^3$ и содержат в цитоплазме молекулы актина и миозина, подобные сократительным белкам мышечных клеток. Содержание фибриногена у спортсмена МС превышало референтные границы ($2\text{--}4$ г/л, $p < 0,05$). Тромбин является ферментом со слабой протеолитической способностью, воздействующим на фибриноген и, объединяясь в полимеры, преобразуется в длинные нити фибрина, составляющие основу сети кровяного сгустка. Все факторы свертывания крови синтезируются печенью. Протромбиновое время является показателем концентрации протромбина в крови. Протромбиновый индекс находился в референтных границах у обоих спортсменов (у МС – $76,2 \pm 12,5\%$; у КМС – $79,15 \pm 10,06\%$).

Итак, система крови неодинаково прояв-

ляет свое функционирование у обоих обследуемых лыжников-гонщиков. Содержание кальция у спортсмена МС превышало показатели контроля. Источник энергообеспечения гликоген был в границах контроля. Содержание белка плазмы, концентрация креатинина находились в референтных границах, а дофамин-бета-гидролаза – в нижних границах контроля ($28\text{--}32,5$ нм/мл/мин). Содержание мочевины у спортсмена МС было в верхних референтных границах, что свидетельствовало о значительном утомлении лыжника-гонщика. Основные источники энергообеспечения триглицериды находились в диапазоне контроля и на $24,2\%$ ($p < 0,05$) превышали у спортсмена МС. У него также наблюдалось повышенное значение содержания холестерина общего, β -липопротеидов. Содержание клеточной и внеклеточной воды было в референтных границах, а общей воды и жира было маловариативным и находились в диапазоне $75,00 \pm 0,96\%$.

Ферментативная активность у спортсмена МС находилась выше референтных границ, а у лыжника КМС содержание фермента было в диапазоне контроля, а аланинаминотрансферазы превышали его. Отношения AST/ALT оказались ниже границ контроля (у МС – $0,41 \pm 0,06$; у КМС – $0,67 \pm 0,08$). Содержание глютаминовой кислоты было ниже референтных границ ($220\text{--}278$ ммоль/л). Скелетная мышца включает миофибриллы, состоящие из сократительных белков миозина и актина. В плазме эти регуляторные белки закрывают связывающие участки на молекулы актина и препятствуют формированию поперечных мостиков. От кальция зависит регуляция сарколеммы. В мышечных волокнах три пути ресинтеза АТФ: креатинфосфокиназная система, гликолиз и аэробное окисление питательных веществ с образованием углекислого газа и воды. Система креатинфосфата – самая быстрая система ресинтеза АТФ в организме, так как включает только одну ферментативную реакцию.

Наблюдался дефицит циркулирующей крови (контроль $0\text{--}250$ мл) в состоянии относительного покоя. Возможно, вышеуказанные факторы свидетельствуют о снижении напряжения и экономизации в реакциях после больших тренировочных нагрузок. Все показатели легочной вентиляции находились в границах контроля. Дыхательный коэффициент находился в диапазоне углеводно-

белкового и углеводно-липидного обмена (0,8–1,2 мин).

Спортсмены находились в фазе закисления рН 7,29–7,39 ммоль/л (норма 7,4–7,35 ммоль/л). Такая регуляция рН крови обеспечивается буферными свойствами и деятельностью выделительных систем. Буферные свойства крови зависят от содержания в ней гемоглобина. Низкие значения рН способствуют увеличению артериовенозной разницы по кислороду и снижению тканевой гипоксии, т. е. улучшению аэробного окисления [7].

Насыщение артериальной крови было высоким у спортсмена КМС и значения были в референтных границах (95–98 %), а выделение CO_2 превышало значение контроля у МС на 16,5 % ($p < 0,05$), у КМС на 8,4 % ($p < 0,05$). Наблюдалось повышенное содержание CO_2 в венозной крови, что активизировало процессы газообмена и тканевого дыхания.

Показатели работы миокарда находились в референтных границах (0,692–0,788 Дж). Концентрация креатинина у спортсмена МС превосходила аналогичную у КМС на 15,8 % ($p < 0,05$) и находилась в референтных границах (55–123 мкмоль/л). Расчетная скорость клубочковой фильтрации (СКФ, мл/мин) у лыжника МС ниже нормы на 12,5 % ($p < 0,05$). Значения цистатина находились в границах контроля (0,6–0,96 мг/л).

В заключение данного раздела статьи необходимо отметить, что использование триглицеридов для получения энергии идет посредством превращения углеводов в триглицериды и используется в виде жирных кислот, высвобождающихся из триглицеридов в энергетических целях. Идет гидролиз жирных кислот и глицерина. Клетки организма спортсменов могут использовать жирные кислоты в целях получения энергии. Молекула жирной кислоты расщепляется в митохондриях в процессе бета-окисления. Во время синтеза триглицеридов 85 % энергии преобразовывается в энергию запасаемых триглицеридов [1]. Следует помнить, что способность различных клеток организма запасать углеводы выражена слабо и поэтому широка возможность синтеза липидов. Существует гормональное влияние при использовании жиров. Нами наблюдалось под влиянием горного климата резкое увеличение кортизола [3], оказывающих влияние на ряд функциональных изменений организма спортсменов.

Долговременные воздействия БТН на

сердечно-сосудистую систему включают почечные механизмы регуляции гомеостаза жидкостей, регуляции воды и солей. Увеличение коэффициента фильтрации в клубочках приводит к возрастанию СКФ вещества симпатической активации, гормонов и вазотонических веществ, выделяющихся почками. Оксид азота эндотелиального происхождения снижает сопротивление сосудов почки и увеличивает СКФ. Расширение сосудов позволяет почкам выделять адекватное количество натрия и воды. Гормоны адреналин и норадреналин в эндотелии сужают сосуды почки и снижают СКФ. Оптимальные двигательные действия во многом зависят от относительно постоянного содержания в организме воды, жира и электролитов. От этих компонентов зависит электропроводимость. Поэтому потребление воды при дистанционных ДД снижает риск дегидратации и повышает функцию сердечно-сосудистой и других систем.

Таким образом, анализируя изучаемые показатели крови, можно выделить следующие системы: белковый и липидный обмены, свертывающая система крови, транспорт и выделение CO_2 , функциональные показатели кардиореспираторной системы. Различия в уровне функционирования именно этих систем вызывают физиологическую адаптацию и оказывают влияние на дифференциацию спортивных результатов лыжников-гонщиков.

Литература

1. Гайтон, А.К. *Медицинская физиология: пер. с англ. / А.К. Гайтон, Дж. Э. Холл; под ред. В.И. Кобрин.* – М.: Логосфера, 2008. – 1296 с.
2. Гаркави, Л.Х. *Адаптационные реакции и резистентность организма / Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакина, М.А. Уколова.* – Ростов н/Д.: Ростовский ун-т, 1977. – 109 с.
3. Исаев, А.П. *Локально-региональная мышечная выносливость в системе подготовки и адаптации бегунов и лыжников-гонщиков в условиях равнины и среднегорья / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, В.Б. Ежов.* – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2014. – 286 с.
4. Мохан, Р. *Биохимия мышечной деятельности / Р. Мохан, М. Глессон, Пауль Л. Гринхафф.* – Киев: Олимп. лит., 2001. – 148 с.
5. Сарайкин, Д.А. *Показатели периферической системы крови у юных тхэквондистов на предсоревновательном этапе тренировочного процесса / Д.А. Сарайкин, М.С. Терзи,*

В.И. Павлова // Вестник Урал. мед. академ. науки. – 2012. – № 2 (39). – С. 15–16.

6. Тигранян, Р.А. Стресс и его значение для организма / Р.А. Тигранян. – М.: Наука, 1988. – 172 с.

7. Шидловский, А.С. Кислотно-основное состояние при физических нагрузках различной интенсивности в спорте и клинической медицине / А.С. Шидловский, М.С. Акулов. – Н. Новгород, 2011. – 52 с.

Бахарева Анастасия Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, baxar@bk.ru.

Исаев Александр Петрович, доктор биологических наук, профессор, директор Научно-исследовательского центра спортивной науки, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, tmfcs@mail.ru.

Савиных Елена Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, geu70@mail.ru.

Баймухаметова Эльвира Фаритовна, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, elya_fsk@mail.ru.

Поступила в редакцию 17 декабря 2015 г.

DOI: 10.14529/hsm160105

PHYSIOLOGICAL ADAPTATION TO HUGE ENDURANCE TRAINING LOADS IN ATHLETES

A.S. Bakhareva, baxar@bk.ru,

A.P. Isaev, tmfcs@mail.ru,

E.Yu. Savinykh, geu70@mail.ru,

E.F. Baimukhametova, elya_fsk@mail.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. The paper focuses on adaptation that leads to high sports performance and results from huge training loads (HTL) for each athlete by means of variable application of ski training combinations. **Research organization and methods.** The subjects under observation were two ski racers (Master and Candidate Master of Sports), 20–21-year old, with 10–12 years of sports experience. **Results.** It was revealed that skeletal muscle blood flow was over the reference values (14.56–16.93 %, $p < 0.05$), and cerebral blood flow per 100 g of tissue and cerebrospinal fluid pressure were within control limits. We analyzed the parameters of pulmonary circuit resistance and the systemic circulation time. The consumed power of life support in Master of Sports was over the reference values ($p < 0.05$). Both skiers had low resting oxygenation rate in (in Master of Sports it was 262.09 ml/min, in Candidate Master – 244 ml/min). **Conclusion.** Thus, ski racers' sport performance is associated with specific adaptive alteration of the respiratory and cardiovascular systems; the indices obtained from the results of the research may be applied as model characteristics in evaluation of ski racers' preparedness for competition, in correction of educational and training process and in organization of rehabilitation measures.

Keywords: cell, blood system, metabolic processes, blood flow, lung ventilation, gas exchange, integration of physiological processes.

References

1. Gayton A.K., Khol Dzh.E. *Meditsinskaya fiziologiya* [Medical Physiology], Translated from English. Moscow, Logosfera Publ., 2008. 1296 p.
2. Garkavi L.Kh., Kvakina E.B., Ukolova M.A. *Adaptatsionnye reaktsii i rezistentnost' organizma* [Adaptable Reactions and Resistance of the Body]. Rostov-na-Donu, Rostov State University Publ., 1977. 109 p.
3. Isaev A.P., Erlikh V.V., Ezhov V.B. *Lokal'no-regional'naya myshechnaya vynoslivost' v sisteme podgotovki i adaptatsii begunov i lyzhnikov-gonshchikov v usloviyakh ravniny i srednegor'ya* [Locally Regional Muscular Endurance in the Preparation and Adaptation of Runners and Skiers Under the Plains and Midlands]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2014. 286 p.
4. Mokhan R., Glesson M., Grinkhaff P.L. *Biokhimiya myshechnoy deyatelnosti* [Biochemistry of Muscle Activity]. Kiev, Olympic Literature Publ., 2001. 148 p.
5. Saraykin D.A., Terzi M.S., Pavlova V.I. [Indicators of Peripheral Blood of Young Taekwondo at the Precompetitive Stage of the Training Process]. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademii nauki* [Bulletin of the Ural Medical Academy of Science], 2012, no. 2 (39), pp. 15–16. (in Russ.)
6. Tigranyan R.A. *Stress i ego znachenie dlya organizma* [Stress and Its Significance for the Organism]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 172 p.
7. Shidlovskiy A.S., Akulov M.S. *Kislotno-osnovnoe sostoyanie pri fizicheskikh nagruzkakh razlichnoy intensivnosti v sporte i klinicheskoy meditsine* [Acid-Base Balance During Exercise of Varying Intensity in Sports and Clinical Medicine]. Nizhny Novgorod, NizhGMA Publ., 2011. 52 p.

Received 17 December 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Физиологическая адаптация к большим тренировочным нагрузкам, развивающим выносливость спортсменов / А.С. Бахарева, А.П. Исаев, Е.Ю. Савиных, Э.Ф. Баймухаметова // Человек. Спорт. Медицина. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 29–33. DOI: 10.14529/hsm160105

FOR CITATION

Bakhareva A.S., Isaev A.P., Savinykh E.Yu., Baimukhametova E.F. Physiological Adaptation to Huge Endurance Training Loads in Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 29–33. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm160105
