
ББК 612.66/.68
УДК 28.903.7
К 12

Кагазежева Н.Х.

Кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин института физической культуры и дзюдо Адыгейского государственного университета, тел. 89064386017, e-mail: k.nuriat@mail.ru

Кислородный обмен у подростков в условиях высокогорий (Рецензирована)

Аннотация

У подростков 14–15 лет (обоих полов), проживающих на высотных и равнинных территориях Республики Адыгея, в лонгитудинальном исследовании на протяжении 3 лет (2006–2008 гг.) в условиях физических нагрузок определены параметры дыхания: частота, дыхательный объем, рассчитан минутный объем. Выявлены достоверные различия по объему легких в зависимости от условий проживания. У школьников в горных условиях объем легких достоверно меньше, чем у сверстников равнинных территорий. Гендерные различия по всем показателям дыхания достоверны для школьников, проживающих в высокогорных широтах и занимающихся силовыми видами спорта.

Ключевые слова: гипоксия, адаптация, высокогорье, минутный объем дыхания, дыхательная функция, частота дыхания, дыхательный объем, физическая нагрузка, тренированность.

Kagazezheva N.Kh.

Candidate of Biology, Associate Professor of Medicobiological Discipline Department of Institute of Physical Training and Judo, Adyghe State University, ph. 89064386017, e-mail: k.nuriat@mail.ru

Oxygen exchange in teenagers in the conditions of highlands

Abstract

This work discusses the results of three-year longitudinal researches (2006–2008) on 14–15 year-old teenagers (of both sexes), living in high-altitude and flat territories of the Adygheya Republic. The author determines breath parameters in the conditions of physical activities: frequency, respiratory volume and the minute volume. Authentic distinctions are revealed in volume of lungs depending on accommodation conditions. In mountain conditions the volume of lungs of school children is truly less than that of contemporaries living in flat territories. Gender distinctions in all breath indicators are authentic for the school children who are living in high-mountainous widths and engaged in power sports.

Keywords: hypoxemia, adaptation, highlands, minute volume of breath, respiratory function, frequency of breath, respiratory volume, physical activity, training level.

Введение

В основу представлений о механизмах и сущности процесса адаптации – приспособления организма к условиям его существования в определенных условиях окружающей среды должен быть положен системный подход, базирующийся на законах термодинамики и учении о системах. Живые организмы, в том числе и человек, относятся к открытым и неравновесным самоорганизующимся системам, обменивающимся с окружающей средой веществом и энергией. Биологическое развитие организма возможно в системе, находящейся в стационарном, но далеком от термодинамического равновесия состоянии. Согласно теории И.Р. Пригожина, в открытой системе в стационарном состоянии приток энергии (прирост энтропии) в единицу времени принимает минимальное положительное значение [1].

Так как энтропия является мерой деградации или рассеяния энергии, принцип Пригожина приводит к важнейшим заключениям: при стационарном состоянии рассеяние энергии Гиббса открытой системой оказывается минимальным [1]. Термодинамические особенности открытых живых систем объясняют устойчивость и способность

организма в течение многих лет сохранять определенный уровень работоспособности, адаптации к меняющимся условиям существования [1].

«Организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен; поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него» [2]. При этом именно законы адаптации человеческого организма с учетом его генотипических и фенотипических особенностей являются определяющими в формировании тех или иных результатов любой деятельности человека, включая и его деятельность в спорте [3-6].

В основе процесса адаптации высокоорганизованного организма всегда лежит формирование абсолютно специфической функциональной системы (точнее – функциональной системы конкретного поведенческого акта), адаптационные изменения в компонентах которой служат одним из обязательных «инструментов» ее формирования [7, 8]). Адаптационные изменения в компонентах системы «обеспечиваются» всеми видами обменных процессов, в том числе и кислородным обменом, что поддерживает концепцию о «взаимосвязи функции и генетического аппарата» [9]. Однако в целостных системах (а тем более – в организме в целом) далеко не всегда можно вести речь об «увеличении мощности системы» и интенсификации биоэнергетических механизмов, лежащих в основе процессов адаптации организма [10]. Принцип, на основании которого осуществляется «взаимосвязь функции и генетического аппарата», на наш взгляд, гораздо более корректно может быть представлен как принцип «модуляции генома» с изменением морфологических особенностей и функциональных свойств отдельных органов и/или систем органов [11]. Такой системой, подверженной в значительной степени влиянию адаптационных процессов в зависимости от условий окружающей среды, является кардио-респираторная система и, в частности, дыхательная система.

Цель работы: исследование состояния респираторной нагрузки у подростков 14–15 лет, проживающих в условиях горных и равнинных территорий Республики Адыгея.

Контингент обследованных подростков

Для решения таких вопросов нами в течение 2006–2008 гг. проведены измерения параметров дыхания у учеников 9 классов школ в горной местности (п. Гузерипль, 1850 м н.у.м.) и в равнинной части (х. Гавердовский, высота 260 м). Оба селения расположены в бассейне реки Белой.

Организация и методы исследования

Измерения показателей дыхания проводили после физической нагрузки: мальчики делали пробежку на расстояние 400 метров: сначала 200 метров вниз по склону, а затем 200 метров вверх. Расстояние пробежки у девочек – по 100 метров. Каждый год отбирали по 5–7 мальчиков и девочек в возрасте 14 лет со сходными, типичными морфофизическими характеристиками: массой тела $59 \pm 2,2$ кг мальчиков и $47 \pm 1,9$ кг девочек и ростом соответственно $1,68 \pm 0,06$ м и $1,62 \pm 0,04$ м.

Для определения показателей дыхания – минутного объема дыхания (МОД), частоты дыхания (ЧД) и дыхательного объема (ДО) использовали волюметр «Veb medizintechnik» (Германия). Частота дыхания определялась по движению стрелки в волюметре и открыванию впускного клапана в патрубке тройника.

Результаты исследований

В результате проведенных измерений выявлены существенные различия по всем показателям дыхания как в зависимости от пола школьников, так и от их тренирован-

ности и условий места жительства (табл. 1).

Таблица 1

Показатели дыхания у мальчиков и девочек в зависимости от их тренированности и места проживания

Показатели дыхательной системы	Высота места наблюдений над уровнем моря (м)	Контингент обследованных подростков			
		занимающиеся спортом		не занимающиеся спортом	
		мальчики	девочки	мальчики	девочки
ЧД дых./мин	260	29,25±1,46* [•]	34,12±0,93* [•]	43,36±1,37* [•]	50,72±1,58* [•]
	1850	31,18±1,27* [•]	37,60±0,60* [•]	48,08±1,54* [•]	62,34±2,16* [•]
ДО, мл	260	2401,6±5,57* [•]	2001,7±4,29* [•]	1572,1±2,85* [•]	1351,0±4,76* [•]
	1850	2063,1±7,31* [•]	1675,3±3,03* [•]	1284,1±3,41* [•]	944,2±3,52* [•]
МОД, мл/мин	260	69053,4±5,39	67427,4±6,72	66933,8±4,61	66886,3±7,12
	1850	64096,7±7,75	62332,8±6,31	60714,5±5,16	57673,3±4,74
<i>p</i>		* <i>p</i> <0,05		* <i>p</i> <0,05	
		* <i>p</i> <0,05			

Примечания: * – достоверные различия ($p < 0,05$) в группах мальчиков и девочек;
[•] – достоверные различий ($p < 0,05$) в группах подростков, занимающихся и не занимающихся спортом.

Из приведенных данных следует, что частота дыхания в зависимости от высотного пояса в большей степени изменяется у девочек, чем у мальчиков и у нетренированных, по сравнению с постоянно занимающимися спортом. Так, в горах у спортивных мальчиков на 1,93 вдоха и выдоха в минуту (на 6,6%) больше, чем на равнине, а у девочек соответственно на 3,5 (на 10,3%). У нетренированных мальчиков по сравнению с занимающимися спортом частота дыхания в горах оказалась на 16,9 вдоха и выдоха больше, чем у спортивных. У девочек эти различия достигли соответственно 24,7 дыхания в минуту.

Различия в показателях дыхания, обусловленные полом школьников, более значительные в условиях высокогорий, чем на равнинных территориях. При этом как абсолютная, так и относительная разница в частоте дыхания у мальчиков и девочек более значительная в условиях высокогорий, чем в местах с небольшими высотами над уровнем моря. Так, на низинных территориях занимающиеся спортом девочки имеют на 4,9 вдоха и выдоха больше, чем мальчики, а нетренированные – на 7,4 дыхания. В условиях высокогорий эта разница составила соответственно 6,4 и 14,1 вдоха.

Большой дыхательный объем и минутный объем дыхания у спортивных мальчиков и девочек на равнине, чем в горах при меньшей частоте дыхания, связан с различными параметрами легких. В горных условиях объем легких несколько меньше, чем у мальчиков и девочек, проживающих на равнинных территориях. Можно предположить, что и в структуре дыхательных органов имеются определенные различия у мальчиков и девочек как в зависимости от пола и тренированности, так и от высотного пояса их проживания.

В состоянии покоя организм спортсмена легко адаптируется к условиям среднегорья. При выполнении же напряженной мышечной работы вегетативные функции организма оказываются недостаточно приспособленными для обеспечения его необходи-

мым количеством кислорода.

В высокогорье создаются весьма сложные условия для жизнедеятельности организма. При восхождении на большие высоты парциальное давление кислорода уменьшается до величин, при которых резко снижается насыщение крови кислородом. Чтобы сохранить в этих условиях достаточное снабжение тканей кислородом, организм мобилизует на «борьбу за кислород» физиологические реакции.

Основная реакция организма на влияние высоты заключается в усилении дыхания, увеличении минутного объема дыхания. Минутный объем дыхания возрастает пропорционально высоте. Ввиду снижения содержания кислорода в воздухе по мере поднятия над уровнем моря (в среднем на 10% на 100 метров) на определенных высотах может ощущаться состояние гипоксии, которая приводит к «уменьшению мощности системы», снижению интенсификации биоэнергетических механизмов. Один из процессов адаптации – увеличение количества эритроцитов, переносящих кислород.

Изучение степени проявления нарушений дыхательных функций у школьников старших классов представляет значительный практический интерес в плане прогнозирования их деятельности во взрослом состоянии. Так, сведения о степени изменения дыхательных функций мальчиков и девочек, постоянно занимающихся спортом и не тренированных в равнинных условиях (с незначительными высотными отметками местности) и на территориях с высотными отметками свыше 1,5 тыс. м. над уровнем моря, позволяют судить о степени толерантности их к недостатку кислорода в воздухе (табл. 1).

Обязательным условием полноценного формирования любой функциональной системы является постоянство или периодичность действия (на протяжении всего периода формирования системы) на организм стандартного, неизменного комплекса средовых факторов, «обеспечивающего» столь же стандартную афферентную составляющую системы [5, 12-14,].

Процесс адаптации, несмотря на то, что он протекает по общим законам, всегда индивидуален, поскольку находится в прямой зависимости от генотипа того или иного индивидуума и реализованного в рамках этого генотипа и в соответствии с условиями прежней жизнедеятельности данного организма фенотипа [5]. Это обуславливает необходимость использования в исследовательской работе при изучении процессов адаптации прежде всего принципа индивидуального подхода.

Изучение механизмов адаптации организма проблема не только исключительно физиологическая, но и смежных направлений: медицины, физической культуры и спорта. Реально работающие законы и принципы адаптации организма не могут не учитываться в педагогике (включая спортивную), клинической медицине, психологии и других областях, объектом внимания которых является человеческий организм в его сложных взаимоотношениях с окружающей средой.

Вывод

Из проведенных нами исследований следует, что занятия спортом позволяют повысить толерантность школьников старших классов к физическим нагрузкам независимо от условий места жительства. В свою очередь, можно заключить, что в условиях гипоксии необходимо не допускать повышенных физических нагрузок, особенно для девочек. Можно также предположить, что пониженное содержание кислорода в воздухе высокогорий формирует спортивную направленность на занятия большей частью видами спорта, требующими кратковременных нагрузок (борьба, штанга и т.п.) и в меньшей степени – игровыми с более длительными временными нагрузками (футбол, баскетбол и др.).

Примечания:

1. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур: пер. с англ. М.: Мир, 2002. 461 с.
2. Сеченов И.М. Избранные произведения. Т. 1. М., 1952.
3. Павлов С.Е., Кузнецова Т.Н. Некоторые физиологические аспекты спортивной тренировки в плавании // Методическая разработка для преподавателей и аспирантов РГАФК. М.: РГАФК: Принт-Центр, 1998. 33 с.
4. Павлов С.Е., Кузнецова Т.Н. Адаптация и стресс в спорте // Актуальные вопросы медицинской реабилитации в современных условиях. М., 1999. С. 307-312.
5. Павлов С.Е. Адаптация. М.: Паруса, 2000. 282 с.
6. Павлов С.Е. Теория адаптации и теория спортивной тренировки // Актуальные проблемы совершенствования системы подготовки спортивного резерва: материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф., 5-7 окт., 1999. М., 1999. С. 65-67.
7. Павлов С.Е., Кузнецова Т.Н. Тестирование в спорте. Оценка уровня тренированности – традиции и реальность // Спортивно-медицинская наука и практика на пороге XXI века. М., 2000. С. 127-130.
8. Тушмалова Н.А. Адаптация к физическим нагрузкам и резервные возможности организма. М., 2000.
9. Павлов С.Е. Адаптация. М.: Паруса, 2000. 282 с.
10. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика. М.: Наука, 1981. 278 с.
11. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. М.: Медицина, 1988. 256 с.
12. Анохин П.К. Внутреннее торможение как проблема физиологии. М.: Медгиз, 1958. 472 с.
13. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. 546 с.
14. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. 477 с.

References:

1. Prigozhin I., Kondepudi D. Modern thermodynamics. From heat engines to dissipative structures: transl. from English. M.: Mir, 2002. 461 pp.
2. Sechenov I.M. Selected works. Vol. 1. M., 1952.
3. Pavlov S.E., Kuznetsova T.N. Some physiological aspects of sports training in swimming // Methodological workbook for teachers and postgraduates of RGAFK. M.: RGAFK: Print-Center, 1998. 33 pp.
4. Pavlov S.E., Kuznetsova T.N. Adaptation and stress in sports // Actual issues of medical rehabilitation in modern conditions. M., 1999. P. 307-312.
5. Pavlov S.E. Adaptation. M.: Parusa, 2000. 282 pp.
6. Pavlov S.E. Theory of adaptation and theory of sports training // Actual issues of improvement of the system of the sports reserve training: materials of the XVI All-Russia scient. and pract. conf., October 5-7, 1999. M., 1999. P. 65-67.
7. Pavlov S.E., Kuznetsova T.N. Testing in sports. The evaluation of the level of being trained – traditions and reality // Sports and medical science and practice on the threshold of the XXI century. M., 2000. P. 127-130.
8. Tushmalova N.A. Adaptation to physical activities and spare capacity of an organism. M., 2000.
9. Pavlov S.E. Adaptation. M.: Parusa, 2000. 282 pp.
10. Meerson F.Z. Adaptation, stress and prevention. M.: Nauka, 1981. 278 pp.
11. Meerson F.Z., Pshennikova M.G. Adaptation to stress situations and physical activities. M.: Medicine, 1988. 256 pp.
12. Anokhin P.K. Internal inhibition as a physiology problem. M.: Medgiz, 1958. 472 pp.
13. Anokhin P.K. Biology and neurophysiology of a conditioned reflex. M.: Medicine, 1968. 546 pp.
14. Anokhin P.K. Sketches on physiology of functional systems. M.: Medicine, 1975. 477 pp.