УДК 612.1+612.2

Совершенствование механизмов адаптации кардиореспираторной системы подростков к мышечным нагрузкам

Ольга Александровна Макунина¹, Мария Сергеевна Безднина²

^{1,2} Уральский государственный университет
физической культуры, Челябинск, Россия

¹ oamakunina@mail.ru

² mariabezdnina@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования кардиореспираторной системы юных лыжников в зависимости от интенсивности двигательного режима. Установлено, что регулирование физиологических функций у юных спортсменов осуществляется путем увеличения аэробной производительности. Рост спортивной квалификации сопровождается повышением устойчивости к гипоксемии. Повышение уровня оксигенации крови к концу работы свидетельствует о совершенствовании анаэробных механизмов.

Ключевые слова: адаптация, кардиореспираторная система, велоэргометрия, потребление кислорода, кислородный долг

Для цитирования: Макунина О. А., Безднина М. С. Совершенствование механизмов адаптации кардиореспираторной системы подростков к мышечным нагрузкам // Инновационный потенциал молодежи: спорт, культура, образование. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2022. С.297–303.

Adolescents' Cardiorespiratory System Adaptive Mechanisms to Muscle Loads Improving

Olga A. Makunina¹, Maria S. Bezdina²

^{1,2} Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia

¹oamakunina@mail.ru²mariabezdnina@yandex.ru

Abstract. The research results of young skiers' cardiorespiratory system depending on their motor regime intensity are presented in the article. It is established that the young athletes' physiological functions regulation is carried out by increasing aerobic performance. The sports qualifications growth is accompanied by an increase in resistance to hypoxemia. An increase in the blood oxygenation level by the end of the work indicates the improvement of anaerobic mechanisms.

Keywords: adaptation, cardiorespiratory system, veloergometry, oxygen intake, oxygen debt

For citation: Makunina, O. A., & Bezdnina, M. S. (2022). Adolescents' Cardiorespiratory System Adaptive Mechanisms to Muscle Loads Improving. In A. V. Ponomaryov (Eds.), *Innovative Potential of Youth: Sport, Culture, Education* (pp. 297–303). Ekaterinburg: Ural University Publishing House. [In Russian]

Признаками совершенствования механизмов адаптации организма к физическим нагрузкам наряду с возрастающей общей работоспособностью является экономизация реакции вегетативных систем на стандартную работу, возрастание функциональной лабильности кардиореспираторной системы при выполнении предельных нагрузок, повышение качества регулирования системы кислородного обеспечения работающих органов, снижение кислородной стоимости механической работы [1, с. 3]. Уровень общей и специальной тренированности юных спортсменов прежде всего отражается на величине показателей аэробной производительности, которая зависит от функциональной способности кислородно-транспортной системы и внешнего дыхания [2, с. 6].

Аэробную производительность организма характеризует величина максимального потребления кислорода (МПК) [3]. Абсолютная величина МПК с возрастом повышается, причем у юных спортсменов в значительно большей степени, чем у нетренированных людей. Относительное МПК (на килограмм веса тела), по данным разных авторов, у детей и подростков увеличивается с возрастом и колеблется в широких пределах от 34 до 58 мл/мин. кг, приближаясь к величине, свойственной нетренированным взрослым. Таким образом, величина абсолютного и относительного МПК является показателем совершенствования механизмов адаптации системы кислородного обеспечения,

что сопровождается повышением качества ее регулирования за счет механизмов произвольного и непроизвольного управления дыханием.

Об объеме анаэробной производительности судят по величине кислородного долга и максимальной концентрации молочной кислоты в крови. Величина кислородного долга и продолжительность работы в долг у детей значительно меньше, чем у взрослых. Это является результатом того, что детский организм обладает высокой устойчивостью к продуктам анаэробного распада [4]. По мере физиологического созревания и формирования волевых качеств, а также повышения нагрузок на выносливость, эта устойчивость возрастает.

Однако в период полового созревания процесс повышения адаптационных возможностей кардиореспираторной системы у подростков приостанавливается, ухудшается качество регулирования кислородных режимов организма [2]. Это особенно отчетливо проявляется при физических нагрузках, во время которых многократно увеличивается потребность в кислороде. Одновременно обнаруживается ухудшение развития механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы. Систематические занятия спортом и активизация двигательного режима детей и подростков в школе, начатые еще в предпубертатном возрасте, значительно уменьшают или даже предотвращают это ухудшение адаптации [5].

Цель исследования — изучить характер адаптации к мышечным нагрузкам, качество регуляции кардиореспираторной системы у подростков 13–14 лет в зависимости от интенсивности двигательного режима.

Исследованы 82 юных лыжников, распределенных по 4-м группам: 1) начинающие спортсмены; 2) спортсмены, имеющие 3 спортивный разряд; 3) спортсмены, имеющие 2 спортивный разряд; 4) спортсмены, имеющие 1 спортивный разряд. Родители юных спортсменов были проинформированы об исследовании и подписали согласие на участие в нем. Результаты исследования были сообщены родителям. Интенсивность и продолжительность тренировочных занятий у начинающих лыжников составляла 50 % по отношению к нагрузке перворазрядников (4 группа).

Реакция организма подростков на физическую нагрузку определялась по результатам велоэргометрической пробы. Применялся метод оценки максимального потребления кислорода (МПК) непрямым способом [3].

Реакция функции дыхания на мышечную работу оценивалась по изменению частоты и глубины дыхания, легочной вентиляции, поглоще-

ния кислорода, процентное содержание углекислого газа и насыщение артериальной крови кислородом с помощью аппаратно-программного комплекса «Микролюкс» [3].

Для определения показателей, характеризующих функцию сердечно-сосудистой системы, производилась непрерывная запись электрокардиограммы на аппаратно-программном комплексе «Полиспектр» (ООО «Нейрософт»). На основании измерений вычислены производные показатели: потребления кислорода на 1 кг веса тела, кислородный пульс, дыхательный коэффициент. Статистическая обработка полученных данных проводилась по общепринятым методам, достоверность различий показателей определяли по t -критерию Стьюдента [3].

В ходе исследования выявлено, что работоспособность юных лыжников, обусловленная интенсивностью их двигательного режима, находилась в прямой зависимости от тренированности. Если начинающие лыжники могли выполнить лишь 4 нагрузки общим объемом в 6400 кгм, то перворазрядники выполняли 7 нагрузок. При этом общий объем работы, выполненной перворазрядниками, в 2,4 раза превышал объем работы начинающих и составлял 15 400 кгм.

Первоначально с увеличением мощности работы происходило усиление интенсивности функций дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Продолжительность компенсаторного увеличения объема внешнего дыхания до максимальной величины находилось в прямой зависимости от спортивной квалификации. Так, у начинающих лыжников легочная вентиляция и потребление кислорода достигает максимума уже на третьем этапе нагрузки, когда было выполнено 65,6 % общего объема работы, у лыжников 3 разряда — после выполнения 78 % общего объема работы. Величина потребления кислорода при этом у начинающих спортсменов составляла 1,9 л, а у перворазрядников — 2,6 л. Каждый кгм работы предельной мощности обеспечивался у начинающих 60,4 мл вентилируемого воздуха, у перворазрядников — 34,5 мл. Кислородная стоимость работы в этот период составляла соответственно 2,1 и 1,7 мл/кгм. Таким образом, с ростом спортивной квалификации отмечается экономизация дыхательной функции, как по времени использования ее потенциальных возможностей, так и по обеспечению кислородом каждого кгм выполненной работы.

Вместе с тем у более тренированных подростков возрастала функциональная лабильность кардиореспираторной системы, т. е. увеличивался максимально возможный прирост показателей к исходной

величине. Величина минутного объема дыхания возростала в процессе работы у начинающих спортсменов в 4 раза, у перворазрядников — в 5,3 раза. Потребление кислорода увеличилась соответственно в 6 и 9 раз по сравнению с исходным уровнем. Максимальная частота сердечных сокращений (ЧСС) была достигнута начинающими лыжниками после выполнения 65,6 % общего объема работы и превышала исходный уровень в 2,2 раза, перворазрядниками — на последнем этапе работы и превышала исходную ЧСС в 2,5 раза. Максимальные величины ударного объема крови (УОК) были достигнуты начинающими спортсменами на первом этапе, а перворазрядниками — на третьем этапе работы и превышали исходную величину у первых на 24 мл, у вторых — 40 мл. Высокое качество регулирования сердечной деятельности у перворазрядников обеспечивалась не только ускорением хронотропной реакции, но и усилением положительной инотропной реакции, то есть ростом ее нагнетательной способности.

После того, как показатели кардиореспираторной системы достигали максимальных величин и возможности аэробного обмена исчерпывались, более интенсивно включались механизмы, связанные с анаэробными процессами. Анаэробные процессы, обеспеченные гликолизом и гликогенолизом, не требуют, как известно, участия свободного кислорода, а протекают как дегидрирование. Именно поэтому, очевидно, уровень оксигенации крови с этого момента стабилизируется и даже несколько повышается. Уровень оксигенации крови у начинающих спортсменов снижается до конца работы, хотя концентрация оксигемоглобина остается достаточно высокой — 90 %. Можно предположить, что они не вошли в анаэробную фазу работы, так как субъективное ощущение усталости возникает очень рано и вызывает отказ от работы. У более квалифицированных спортсменов первоначально происходит достаточно резкое падение концентрации оксигемоглобина до 84–80 %, а на последнем этапе работы ее некоторое повышение, что указывает на переход в анаэробную фазу. Лыжники, имеющие 3 спортивный разряд, выполнили в анаэробных условиях работу в 2 600 кгм, а перворазрядники — в 3 400 кгм. Таким образом, рост тренированности связан с увеличением выносливости к дефициту кислорода в крови. Это подтверждается и тем, что по мере повышения спортивной квалификации чаще наблюдался гипоксемический тип реакции. Если у начинающих он отмечен в 27 % случаев, у лыжников 3 разряда в 55 %, то у перворазрядников уже в 92 % случаев.

Можно полагать, что биохимическим механизмом, вызывающим интенсивный распад оксигемоглобина, является возрастающая по мере включения анаэробных процессов концентрация ионов водорода. Освободившийся гемоглобин в условиях гиперкапнии, когда парциальное давление углекислого газа велико, переходит в форму карбогемоглобина. Именно поэтому дыхательный коэффициент в этот период приближается к единице (0,98).

У другой части исследуемых (чаще встречается у начинающих спортсменов) уровень оксигенации резко не меняется, снижаясь лишь до 90–92 % оксигемоглобина (компенсаторный тип реакции), и приспособление к нагрузке происходит за счет чрезмерной интенсификации внешнего дыхания. Минутный объем дыхания у начинающих спортсменов возрастает в 5,7 раза по сравнению с исходной величиной и достигает 54,5 л/мин. При выполнении одинаковой по мощности работы потребление кислорода в расчете на 1 кг веса тела у начинающих на 7 мл/мин больше, чем у перворазрядников, и составляет у первых — 41,7 мл/мин, а у вторых — 33,8 мл/мин.

На основе проведенного исследования можно подвести итоги:

1. Повышение качества регулирования физиологических функций у юных спортсменов осуществляется, прежде всего, путем увеличения аэробной производительности, когда момент достижения максимальных функциональных показателей все дальше отодвигается от начала работы, а амплитуда отклонения от уровня покоя все более увеличивается; при этом снижается кислородная стоимость единицы работы.
2. Рост спортивной квалификации сопровождается повышением устойчивости к гипоксемии, число случаев реакции гипоксемического типа возрастает с 27 до 92 %.
3. Возрастание тренированности совершенствует анаэробные механизмы, о чем косвенно свидетельствует некоторое повышение уровня оксигенации крови к концу работы.
4. Свойственное подросткам 13–14 лет ухудшение качества регуляции функций может быть сведено к минимуму путем рациональной организации спортивной тренировки.

Список источников

1. Гиренко Л. А. Физическое развитие и функциональные особенности юных лыжников // Инновация в науке. 2016. № 56–1. С. 6–12.

2. Корельская И. Е., Воронцова Е. Н. Оценка состояния сердечно-сосудистой системы юных спортсменов, занимающихся лыжными гонками, постоянно проживающих в северном регионе России // Научное обозрение. Биологические науки. 2018. № 2. С. 15–20.

3. Петрушкина Н. П., Пустозеров А. И., Макунина О. А. Практикум по физиологии спорта : учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений физической культуры. Челябинск : Уральский государственный университет физической культуры, 2018. 114 с.

4. Нифонтова О. Л., Коньков В. З. Особенности функционального состояния кардиореспираторной системы лыжников-гонщиков 9–11 лет, уроженцев среднего Приобья // Вестник Сургутского государственного университета. 2016. № 3 (13). С. 61–64.

5. Макунина О. А., Якубовская И. А. Морфофункциональные особенности детей и подростков: монография. Челябинск, 2019. 154 с.

Информация об авторах

Ольга Александровна Макунина — кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, Уральский государственный университет физической культуры (Челябинск, Россия). ORCID ID: 000-0002-3448-9428.

Мария Сергеевна Безднина — студент, Уральский государственный университет физической культуры (Челябинск, Россия).

Information about the authors

Olga A. Makunina — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology, senior Researcher at the Olympic Sport Research Institute, Ural State University of Physical Culture, (Russia, Chelyabinsk,) E-mail: oamakunina@mail.ru. ORCID ID: 000-0002-3448-9428.

Maria S. Bezdina — Student of the Department of Theory and Methodology of Skiing, Ural State University of Physical Culture (Chelyabinsk, Russia).