9. Tambovtseva, R.V. (2016), “Enzymatic transformations of muscle tissue in postnatal ontogenesis”, *International Journal of Experimental Education*, No. 12, pp. 124-127.

10. Armstrong, N. (2017), “Top 10 Research Questions Related to Youth Aerobic Fitness”, *Res Q Exerc Sport*, Vol. 88, No. 2, pp. 130-148. doi: 10.1080/02701367.2017.1303298.

11. Armstrong, N., Barker, A.R. and McManus, A.M. (2015), “Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance?”, *Br J Sports Med*., Vol. 49, No. 3, pp. 860-864. doi: 10.1136/bjsports-2014-094491.

12. Lloyd, R.S., Oliver, J.L., Faigenbaum, A.D., Myer, G.D., De Ste M.B. Croix (2014), “Chronological age vs. biological maturation: implications for exercise programming in youth”, *J Strength Cond Res*, Vol. 28, No. 5, pp. 1454-1464. doi: 10.1519/JSC.0000000000000391.

13. Asadi, A., Arazi, H., Ramirez-Campillo, R., Moran, J. and Izquierdo, M. (2017), “Influence of Maturation Stage on Agility Performance Gains After Plyometric Training: A Systematic Review and Meta-analysis”, *J Strength Cond Res*., Vol. 31, No. 9, pp. 2609-2617. doi: 10.1519/JSC.0000000000001994.

14. Kaczor, J.J., Ziolkowski, W., Popinigis, J. and Tarnopolsky, M.A. (2005), “Anaerobic and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults”, *Pediatr Res*., Vol. 57, No. 3, pp. 331-335.

15. Kenney, W.L., Wilmore, J. and Costill, D. (2015), *Physiology of Sport and Exercise*, Published by Champaign, IL; Human Kinetics.

16. McNarry, M. and Jones, A. (2014), “The influence of training status on the aerobic and anaerobic responses to exercise in children: a review”, *Eur J Sport Sci*., Vol. 14, Suppl 1, pp. 57-68. doi: 10.1080/17461391.2011.643316.

17. Silva, D.A.S. and Martins, P.C. (2017), “Impact of physical growth, body adiposity and lifestyle on muscular strength and cardiorespiratory fitness of adolescents”, *J Bodyw Mov Ther*., Vol. 21, No. 4, pp. 896-901. doi: 10.1016/j.jbmt.2017.01.007

Контактная информация: i.krivolapchuk@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.09.2020

УДК 373+796

АЭРОБНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПОДРОСТКОВ С РАЗНЫМИ СТАДИЯМИ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ

***Дмитрий Александрович Раевский**, кандидат педагогических наук, доцент, Государственный университет управления, Москва; **Галина Алексеевна Зайцева**, кандидат педагогических наук, доцент, Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", Москва*

Аннотация

Полученные результаты показывают, что мальчики 13–15 лет с разными стадиями полового созревания мало различаются по уровню аэробной производительности организма. Вместе с тем с увеличением стадии полового созревания наблюдается существенный прирост показателей работоспособности, характеризующихся смешанным аэробно-анаэробным энергообеспечением. Увеличение работоспособности подростков при выполнении физических упражнений смешанного аэробно-анаэробного характера по мере полового созревания происходит, главным образом, за счет нарастания относительного вклада анаэробной энергопродукции и уменьшения относительной доли аэробного процесса.

Ключевые слова: аэробный источники, стадии полового созревания, мальчики.

DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.9.p307-312

AEROBIC WORKING CAPACITY OF ADOLESCENTS WITH DIFFERENT STAGES OF MATURITY

***Dmitry Alexandrovich Raevsky**, the candidate of pedagogical sciences, senior lecturer, State University of Management, Moscow; **Galina Alekseevna Zaitseva**, the candidate of pedagogi-*

cal sciences, senior lecturer, National Research Technological University "MISiS", Moscow

Abstract

The obtained results show that boys of 13–15 years old with different stages of puberty differ little in terms of the level of aerobic performance of the body. At the same time, with an increase in the stage of puberty, there is a significant increase in performance indicators with mixed aerobic-anaerobic energy supply. The increase in the working capacity of adolescents when performing physical exercises of a mixed nature during puberty occurs mainly due to an increase in the relative contribution of anaerobic energy production and a decrease in the relative share of the aerobic process.

Keywords: aerobic sources, stages of puberty, boys.

Аэробные возможности организма не только определяют работоспособность человека в широком диапазоне физических нагрузок при различных видах мышечной деятельности, но и оказывают выраженное влияние на его здоровье на разных этапах возрастного развития [11, 2, 5, 9, 17, 6, 15, 7]. Изучению возрастных особенностей аэробных возможностей организма посвящено большое количество исследований в области биоэнергетики мышечной деятельности, спортивной тренировки и физического воспитания. Значительно меньше исследований, направленных на анализ влияния процесса полового созревания на показатели мощности, емкости и эффективности аэробного источника при мышечной деятельности [2, 10, 12, 14]. Особенности аэробной работоспособности, обусловленные переходом от одной стадии полового созревания (СПС) к другой, исследованы фрагментарно. Цель исследования – выявить особенности аэробной работоспособности подростков 13–15 лет с разными стадиями полового созревания.

МЕТОДИКА

В исследовании участвовали подростки 13–15 лет (n=168), отнесенные к основной медицинской группе для занятий физическими упражнениями. Определение стадий полового созревания (СПС) проводилось по методике Д.В. Колесова и Н.Б. Сельверовой [4]: I. препубертат; II стадия – этап активации гипофиза; III стадия – этап активации гонад; IV стадия – этап активного стероидогенеза; V стадия – завершение пубертата.

Для оценки PWC170 использовалась одномоментная проба в модификации Л.И. Абросимовой [1]. Для определения PWC170 применялась одна физическая нагрузка субмаксимальной мощности на велоэргометре. Работа выполнялась в течение 3 минут при темпе педалирования 60 об/мин. Мощность нагрузки подбиралась так, чтобы пульс во время её выполнения был не ниже 140 уд/мин. Вместо второй нагрузки использовались данные покоя – пульс покоя и мощность равная в этом случае нулю (Абросимова, 1977).

Для предсказания индивидуального уровня максимального потребления кислорода (МПК) использовали непрямой способ определения этого показателя по формуле Добельна, позволяющий учитывать возраст и пол испытуемых [3]. При тестировании обследуемый выполнял одну нагрузку субмаксимальной мощности, в конце которой определялась ЧСС. Высота ступеньки составляла 35 см, а темп восхождения – 30 циклов в минуту. МПК находилось путём подстановки величины мощности работы и зарегистрированных значений ЧСС в соответствующую формулу. При расчетах использовали поправочный коэффициент, учитывающий отрицательную механическую работу при спуске со ступеньки.

Индекс Гарвардского степ-теста определяли исходя из времени восхождения на ступеньку и ЧСС в период реституции. Высота ступеньки и продолжительность нагрузки соответствовали возрасту и полу подростков, постоянный темп восхождения составлял 30 циклов в мин. После завершения работы в положении сидя регистрировалась ЧСС за первые 30 с 2-й, 3-й и 4-й восстановления и рассчитывался ИГСТ [3].

На основе эргометрического подхода, базирующегося на анализе зависимости «мощность-время», рассчитывали показатели, характеризующие работоспособность в

зоне смешанного аэробно-анаэробного энергообеспечения (W240), мощность (W900) и емкость (коэффициент b уравнения Мюллера) аэробной системы [12].

Тест Купера заключается в определении максимальной дистанции, которую подросток способен преодолеть за 12 мин [11]. Данный тест выполнялся на дорожке стадиона. Для этого на ней через каждые 20 метров наносилась разметка. В забеге участвовало по 3–5 человек. Давалась установка на преодоление как можно большего расстояния. Точность измерения составляла 5 метров.

Для оценки аэробной выносливости использовался шестиминутный бег. Тестирование проводилось на дорожке стадиона по описанной выше методике для теста Купера.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета статистических программ. Значимость различий определялась посредством применения параметрических критериев достоверности оценок.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о выраженных различиях в уровне аэробной работоспособности мальчиков с разными стадиями полового созревания (СПС) (таблица).

Таблица – Показатели аэробной работоспособности и двигательной подготовленности мальчиков 13-15 лет с учетом стадий полового созревания (M±m)

Показатель	Стадии полового созревания														
	I					II				III			IV		V
	M±m	p<				M±m	p<			M±m	p<		M±m	p<	
		I-II	I-III	I-IV	I-V		II-III	II-IV	II-V		III-IV	III-V		IV-V	
VO2 max, л/мин×кг	45,5±2,0	–	–	–	–	43,9±1,9	–	–	–	42,2±2,4	–	–	41,4±2,6	–	42,9±2,1
PWC170, кгм/мин×кг	12,8±0,5	***	***	***	***	16,6±0,5	*	–	***	18,1±0,4	–	–	17,5±0,3	**	18,8±0,3
ИГСТ, отн.ед.	60,8±1,2	*	***	***	***	65,3±1,7	**	–	***	72,5±1,7	–	–	68,8±1,2	***	75,7±1,1
Тест Купера, м	2086±25	–	–	***	***	2095±27	–	***	***	2168±29	*	***	2262±24	*	2338±19
W240, Вт/кг	3,43±0,08	–	***	–	–	3,45±0,04	***	–	*	3,87±0,08	**	**	3,52±0,07	–	3,59±0,04
W900, Вт/кг	2,65±0,11		–	–	–	2,69±0,05	–	*	–	2,86±0,08	**	*	2,52±0,06	–	2,61±0,08
b, отн.ед	12,8±0,3	*	*	***	***	11,9±0,3	–	***	*	11,8±0,3	***	*	10,3±0,3	–	10,9±0,2
Бег 6 мин, м	1246±16	–		***	***	1261±18	–	*	***	1275±19	–	**	1319±14	–	1348±18

Примечание: *, **, ***, – значимость различий между подростками с разными СПС при p < 0,05, 0,01, 0,001 соответственно.

У подростков с первой СПС средние величины показателей аэробной работоспособности и связанных с ними двигательных способностей составили: VO2max – 45,5±2,0 мл/мин×кг; PWC170 – 12,8±0,5 кгм/мин×кг; ИГСТ – 60,8±1,2 , отн.ед.; тест Купера – 2086±25 м; W240 – 3,43±0,08 Вт/кг; W900 – 2,65±0,11 Вт/кг; коэффициент b – 12,8±0,3 отн.ед; бег 6 мин – 1246±16 метров.

Школьники со второй СПС отличались от школьников с первой стадией полового развития более высокими результатами выполнения рассматриваемых тестов: величина VO2max – 43,9±1,9 мл/мин×кг; PWC170 – 16,6±0,5 кгм/мин×кг; ИГСТ – 65,3±1,7 отн.ед.; тест Купера – 2095±27 м; W240 – 3,45±0,04 Вт/кг; W900 – 2,69±0,05 Вт/кг; коэффициент b – 11,9±0,3 отн.ед; бег 6 мин – 1261±18 метров. Между мальчиками с первой и второй СПС выявлены статистически значимые различия (p<0,05–0,001) по величине PWC170, ИГСТ, коэффициента b уравнения Мюллера.

У мальчиков с третьей СПС наблюдались более выраженные отличия по уровню аэробной работоспособности от школьников с первой стадией. На второй СПС средние величины показателей аэробных возможностей составили: величина VO2max – 42,2±2,4 мл/мин×кг; PWC170 – 18,1±0,4 кгм/мин×кг; ИГСТ – 72,5±1,7 отн.ед.; тест Купера – 2168±29 м; W240 – 3,87±0,08 Вт/кг; W900 – 2,86±0,08 Вт/кг; коэффициент b – 11,8±0,3 отн.ед; бег 6 мин – 1275±19 метров. Между подростками с первой и третьей СПС выявлены статистически значимые различия ($p<0,05–0,001$) в отношении PWC170, ИГСТ, W240, коэффициента b уравнения Мюллера.

Подростки с четвертой СПС отличались от школьников с первой стадией полового развития более высокими результатами выполнения рассматриваемых функциональных и моторных тестов: величина VO2max – 41,4±2,6 мл/мин×кг; PWC170 – 17,5±0,3 кгм/мин×кг; ИГСТ – 68,8±1,2 отн.ед.; тест Купера – 2262±24 м; W240 – 3,52±0,07 Вт/кг; W900 – 2,52±0,06 Вт/кг; коэффициент b – 10,3±0,3 отн.ед; бег 6 мин – 1319±14 метров. Между мальчиками с первой и четвертой СПС выявлены статистически значимые различия ($p<0,05–0,001$) в отношении PWC170, ИГСТ, теста Купера, коэффициента b уравнения Мюллера, шестиминутного бега.

На пятой СПС величина VO2max составила 42,9±2,1 мл/мин×кг; PWC170 – 18,8±0,3 кгм/мин×кг; ИГСТ – 75,7±1,1 отн.ед.; тест Купера – 2338±19 м; W240 – 3,59±0,04 Вт/кг; W900 – 2,61±0,08 Вт/кг; коэффициент b – 10,9±0,2 отн.ед; бег 6 мин – 1348±18 метров. Между подростками с первой и пятой СПС выявлены статистически значимые различия ($p<0,001$) в отношении PWC170, ИГСТ, теста Купера, коэффициента b уравнения Мюллера, шестиминутного бега. Исключение составляет показатели VO2 max и W900, средние величины которых на начальных и завершающих стадиях полового развития не различаются. В отношение данных показателей аэробной мощности наблюдалась статистически не подтвержденная тенденция их уменьшения по мере полового созревания. Выявлено существенное снижение ($p<0,05–0,001$) величины коэффициента b – показателя аэробной емкости. Значимые различия по большинству переменных найдены и между подростками, имеющими вторую, третью и четвертую СПС (таблица).

Важно отметить, что энергообеспечение мышечной деятельности при выполнении таких тестов как PWC170, ИГСТ, теста Купера, бег 6 минут, хотя и осуществляется преимущественно за счет аэробных процессов, но все-таки является смешанным [9, 12]. Поэтому рост результатов выполнения рассматриваемых тестов по мере полового созревания при смешанном энергообеспечении может быть связан с увеличением относительного вклада анаэробных источников, на фоне мало изменяющихся показателей аэробных возможностей организма.

Полученные результаты хорошо согласуются с выводами других исследований, показавших, что у подростков, находящихся на разных СПС, имеются значительные отличия по мощности, емкости и эффективности биоэнергетических систем [9, 12]. Установлено, что мальчики с ускоренным развитием отличаются от школьников со средними и замедленными темпами полового созревания, относительно низкими аэробными и высокими анаэробными возможностями организма [2, 10]. Наши данные хорошо коррелируют со сведениями о том, что параметры аэробного энергообеспечения определяются, прежде всего, возрастом испытуемых и мало зависят от полового созревания [10, 12, 14, 6, 8, 14]. Материалы исследования подтверждаются, в частности, результатами ряда исследований, свидетельствующими, что содержание окислительных ферментов в скелетных мышцах достигает максимума в препубертатный период и мало изменяется в процессе полового созревания [16, 12, 14]. Вместе с тем в период полового созревания отмечается существенное изменение места показателей аэробной производительности организма в структуре энергообеспечения мышечной деятельности [8, 7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что мальчики 13–15 лет с разными стадиями полового созревания мало различаются по уровню аэробной производительности организма. Вместе с тем с увеличением стадии полового созревания наблюдается существенный прирост показателей работоспособности, характеризующихся смешанным аэробно-анаэробным энергообеспечением. Увеличение работоспособности подростков при выполнении физических упражнений смешанного аэробно-анаэробного характера по мере полового созревания происходит, главным образом, за счет нарастания относительного вклада анаэробной энергопродукции и уменьшения относительной доли аэробного процесса.

Работа поддержана РФФИ (грант № 20-013-00111а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимова Л.И. Определение физической работоспособности подростков / Л.И. Абросимова, В.Е. Карасик // Новые исследования по возрастной физиологии. – 1977.– № 2 (9).– С. 114–117.
2. Детская спортивная медицина / под ред. С.Б. Тихвинского, С.В. Хрущева. – Москва : Медицина, 1991. – 560 с.
3. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – Москва : Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
4. Колесов, Д.В. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания / Д.В. Колесов, Н.Б. Сельверова. – Москва : Педагогика, 1978. – 224 с.
5. Корниенко, И.А. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельной: итоги 30-летнего исследования. Сообщение III. Эндогенные и экзогенные факторы, влияющие на развитие энергетики скелетных мышц / И.А. Корниенко, В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева // Физиология человека. – 2007. – Том. 33, № 5. – С. 1–7.
6. Криволапчук, И.А. Факторная структура физической работоспособности детей 7-8 лет / И.А. Криволапчук, М.Б. Чернова, Н.В. Полянская // Гигиена и санитария. – 2016. – №7 (95). – С. 636–642
7. Криволапчук, И.А. Особенности факторной структуры физической работоспособности мальчиков и девочек 9-10 лет / И.А. Криволапчук, В.В. Мышьяков // Гигиена и санитария. – 2017. – № 8. – С. 759–765.
8. Криволапчук, И.А. Факторная структура функционального состояния мальчиков 13-14 лет / И.А. Криволапчук, М.Б. Чернова // Физиология человека. – 2017. – Том 43, № 2. – С. 43–55.
9. Криволапчук, И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности детей 5-6 лет и комплексная оценка физической работоспособности / И.А. Криволапчук // Физиология человека. – 2009.– Том.35, № 1. – С. 76–87.
10. Криволапчук, И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности у мальчиков 13-14 лет в зависимости от темпов полового созревания / И.А. Криволапчук // Физиология человека. – 2011. – Том. 37, № 1. – С. 85–96.
11. Купер, К. Аэробика для хорошего самочувствия / К. Купер. – Москва : Физкультура и спорт, 1989. – 224 с.
12. Сонькин, В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе / В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева. – Москва : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
13. Тамбовцева, Р.В. Ферментативные преобразования мышечной ткани в постнатальном онтогенезе / Р.В. Тамбовцева // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 12. – С. 124–127.
14. Armstrong, N. Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance? / N. Armstrong, A.R. Barker, A.M. McManus // Br J Sports Med. – 2015. – Vol. 49. – №. 13. – P. 860–864. doi: 10.1136/bjsports-2014-094491.
15. Armstrong, N. Top 10 Research Questions Related to Youth Aerobic Fitness / N. Armstrong – doi: 10.1080/02701367.2017.1303298 // Res Q Exerc Sport. – 2017. – Vol. 88 (2). – P. 130–148.
16. Anaerobic and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults / J.J. Kaczor, W. Ziolkowski, J. Popinigis, M.A. Tarnopolsky // Pediatr Res. – 2005. – Vol. 57, № 3. – P. 331–335.

17. Kenney, W.L. Physiology of Sport and Exercise / W.L. Kenney, J. Wilmore, D. Costill. – Published by Champaign, IL ; Human Kinetics. 2015. – 640 p.

REFERENCES

1. Abrosimova, L.I. and Karasik, V.E. (1977), "Determination of the physical working capacity of adolescents", *New research on age physiology*, No. 2 (9), pp. 114-117.

2. Tikhvinsky, S.B. and Khrushchev S.V. (1991), *Pediatric sports medicine*, Medicine, Moscow.

3. Karpman, V.L., Belotserkovsky, Z.B. and Gudkov, I.A. (1988), *Testing in sports medicine*, Physical culture and sport, Moscow.

4. Kolesov, D.V. and Selverova, N.B. (1978), *Physiological and pedagogical aspects of puberty*, Pedagogy, Moscow.

5. Kornienko, I.A., Sonkin V.D. and Tambovtseva R.V. (2007), "Age-related development of muscular active energy: results of a 30-year study. Communication III. Endogenous and exogenous factors influencing the development of skeletal muscle energy", *Human Physiology*, Vol. 33, No. 5, pp. 1-7.

6. Krivolapchuk, I.A., Chernova, M.B. and Polyanskaya, N.V. (2016), "Factor structure of physical working capacity of children 7-8 years old", *Hygiene and Sanitation*, No. 7 (95), pp. 636-642.

7. Krivolapchuk, I.A. and Myshyakov, V.V. (2017), "Features of the factor structure of physical performance in boys and girls 9-10 years old", *Hygiene and Sanitation*, No. 8, pp. 759-765.

8. Krivolapchuk, I.A. and Chernova, M.B. (2017), "Factorial structure of the functional state of 13-14 year–old boys", *Human Physiology*, Vol. 43, No. 2, pp. 43-55.

9. Krivolapchuk, I.A. (2009), "Energy supply of muscular activity of children 5-6 years old and a comprehensive assessment of physical performance", *Human Physiology*, Vol. 35, No. 1, pp. 76-87.

10. Krivolapchuk, I.A. (2011), "Energy supply of muscle activity in 13-14 year - old boys depending on the rate of puberty", *Human Physiology*, Vol. 37, No. 1, pp. 85-96.

11. Cooper, K. (1988), *Aerobics for wellness*, Book House "Physical culture and sport", Moscow.

12. Sonkin, V.D. and Tambovtseva, R.V. (2011), *Development of muscle energy and performance in ontogenesis*, Book House "LIBROKOM", Moscow.

13. Tambovtseva, R.V. (2016), "Enzymatic transformations of muscle tissue in postnatal ontogenesis", *International Journal of Experimental Education*, No. 12, pp. 124-127.

14. Armstrong, N. (2017), "Top 10 Research Questions Related to Youth Aerobic Fitness", *Res Q Exerc Sport*, Vol. 88, No. 2, pp. 130-148. doi: 10.1080/02701367.2017.1303298.

15. Armstrong, N., Barker, A.R. and McManus, A.M. (2015), "Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance?", *Br J Sports Med*., Vol. 49, No. 3, pp. 860-864. doi: 10.1136/bjsports-2014-094491.

16. Kaczor, J.J., Ziolkowski W., Popinigis J. and Tarnopolsky M.A. (2005), "Anaerobic and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults", *Pediatr Res*., Vol. 57, No. 3, pp. 331-335.

17. Kenney, W.L., Wilmore J. and Costill, D. (2015), *Physiology of Sport and Exercise*, Published by Champaign, IL; Human Kinetics.

Контактная информация: i.krivolapchuk@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.09.2020

УДК 796.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ НА ЭТАПАХ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ

***Елена Александровна Реуцкая**, кандидат биологических наук, директор, **Елена Александровна Эйхман**, младший научный сотрудник, **Оксана Михайловна Куликова**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт деятельности в экстремальных условиях, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, г. Омск*

Аннотация

Статья посвящена исследованию индивидуально-психологических особенностей лыжников-гонщиков на этапах спортивной подготовки. Для выявления наиболее типичных психологических