Контактная информация: pravdov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 29.09.2020

УДК 373+796

АНАЭРОБНАЯ 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 различаются по уровню развития анаэробных возможностей организма. Установлено, что с увеличением стадии полового созревания наблюдается существенный прирост рассматриваемых показателей анаэробной алактатной и анаэробной гликолитической производительности организма. Наиболее выраженные различия наблюдались между мальчиками, находящимися на первой и пятой стадиях полового созревания. Можно полагать, что расширение функциональных возможностей подростков по мере полового созревания происходит преимущественно за счет увеличения анаэробной производительности организма.

Ключевые слова: анаэробный алактатный и анаэробный гликолитический источники, стадии полового созревания, мальчики.

DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.9.p302-307

ANAEROBIC 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 pedagogical sciences, senior lecturer, National Research Technological University "MISiS", Moscow*

Abstract

The results obtained show that boys aged 13–15 with different stages of puberty differ in the level of development of anaerobic capabilities of the body. It was found that with an increase in the stage of puberty, there is a significant increase in the considered indicators of anaerobic alactate and anaerobic glycolytic performance of the body. The most pronounced differences were observed between boys in the first and fifth stages of puberty. It can be assumed that the expansion of the functional capabilities of adolescents during puberty occurs mainly due to an increase in the anaerobic performance of the body.

Keywords: anaerobic alactic and anaerobic glycolytic sources, stages of puberty, boys.

Как известно оценка физической работоспособности детей и подростков на разных этапах возрастного развития является одной из важнейших составляющих процесса их физического совершенствования. С позиций физиологии и биохимии мышечной деятельности физическая работоспособность в значительной степени зависит от биоэнергетических возможностей организма [1, 6, 15]. По данным отечественных и зарубежных авторов большое влияние на развитие физической работоспособности и становление системы энергетического обеспечения мышечной деятельности оказывает процесс полового созревания [3, 5, 8, 12, 13, 10]. Однако аэробная и анаэробная работоспособность подростков, по-разному, связаны с пубертатными процессами: показатели аэробного энергообеспечения зависят преимущественно от паспортного возраста и, в меньшей степени, от уровня полового созревания, а показатели анаэробного энергообеспечения, напротив, в

значительной степени определяются особенностями протекания полового созревания [7, 8, 16, 17]. В этот период в целом наблюдается расширение возможностей сначала анаэробного гликолитического, а затем и анаэробного алактатного механизмов энергообеспечения мышечной деятельности [8, 9]. Вместе с тем важно отметить, что имеется не так много работ, посвященных анализу параметров физической работоспособности подростков, находящихся на разных этапах пубертатного процесса [5, 8, 10]. В частности, научная литература содержит недостаточно информации о динамике анаэробной работоспособности современных подростков с учетом стадий полового созревания.

Цель исследования – выявить особенности анаэробной 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 [2]: I. препубертат; II стадия – этап активации гипофиза; III стадия – этап активации гонад; IV стадия – этап активного стероидогенеза; V стадия – завершение пубертата.

Показатель интенсивности накопления пульсового долга (ИНПД), оценивающий анаэробную работоспособность, определяли на основе анализа кинетики частоты сердечных сокращений (ЧСС) в период реституции. Рассчитывали пульс-сумму за 5 минут восстановления после тестовой нагрузки субмаксимальной мощности и находился пульсовой долг. Полученную величину пульсового долга относили к продолжительности выполнения физической нагрузки [8].

Максимальную анаэробную мощность (МАМ) определяли с помощью теста Margaria на специально оборудованном участке лестницы с соответствующим углом наклона. К началу лестничного марша примыкал участок для разбега длиной 6 метров. Испытуемый после преодоления этого участка должен с максимальной скоростью вбежать по ступенькам. С помощью электронного секундомера и специальных «контактных» ступеней фиксировалось время, затраченное на преодоление измеренного заранее участка пути [4]. Выполнялись три попытки с интервалом отдыха 5 минут. Расчет величины максимальной анаэробной мощности проводился на основании результатов лучшей попытки.

На основе эргометрического подхода, базирующегося на анализе зависимости «мощность-время», рассчитывали показатели, характеризующие мощность анаэробной алактатной (Wmax) и анаэробной гликолитической (W40) систем [8].

Максимальную силу (МС) мышц разгибателей спины определяли с помощью динамометров соответствующей конструкции по традиционной методике.

Для оценки анаэробной работоспособности использовали также моторные тесты: бег на 20 метров с хода, прыжок в длину с места, подтягивание из виса на высокой перекладине и поднимание туловища за 1 минуту из положения «лежа на спине».

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствуют о выраженных различиях в уровне анаэробной работоспособности мальчиков с разными стадиями полового созревания (СПС) (таблица).

Для иллюстрации этих изменений опишем результаты сопоставления средних значений этих показателей, полученных у мальчиков с первой СПС со средними величинами у школьников со второй, третьей, четвертой и пятой СПС.

Таблица – Показатели анаэробной 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	
МАМ, м/с	1,04±0,03	–	**	***	***	1,12±0,04	–	***	***	1,21±0,03	***	***	1,37±0,03	*	1,49±0,04
Wmax, Вт/кг	12,4±0,3	–	–	***	***	12,8±0,4	–	**	***	13,1±0,3	*	***	14,3±0,4	–	15,5±0,5
W40, Вт/кг	5,16±0,09	–	*	***	***	5,22±0,06	*	***	***	5,45±0,08	*	***	5,70±0,08	*	5,93±0,07
ИНПД, уд/с	3,57±0,28	–	–	***	*	3,74±0,33	–	*	–	3,81±0,31	*	–	4,74±0,22	–	4,26±0,19
МС, кг/кг	1,44±0,07	–	–	*	*	1,46±0,04	–	**	***	1,49±0,03	**	***	1,64±0,04	–	1,69±0,04
Бег 20 м, с	3,86±0,02	*	***	***	***	3,78±0,03	–	***	***	3,74±0,04	***	***	3,47±0,02	*	3,39±0,03
Прыжок, см	172,0±2,3	–	*	***	***	175,0±1,6	–	***	***	178,3±2,1	***	***	189,5±1,8	*	195,2±1,8
Подтягивание, раз	2,23±0,41	–	–	–	*	2,35±0,42	–	–	*	2,39±0,42	–	*	2,97±0,39	–	3,80±0,51
Подн. туловища, раз	46,9±1,2	–		***	*	45,4±1,0	–	**	–	44,6±1,2	*	–	40,2±1,5	–	42,7±1,5

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

На первой СПС величины показателей анаэробных алактатных возможностей организма и связанных с ними двигательных способностей в среднем составили: Wmax – 12,4±0,3 Вт/кг; МАМ – 1,04±0,03 м/с; МС – 1,44±0,07 кг/кг; бега на 20 метров –3,86±0,02 с, прыжка – 172,0±2,3 см; подтягиваний составили – 2,23±0,41 раза. Величины показателей, характеризующих анаэробные гликолитические возможности организма и связанные с ними двигательные способности, были равны в среднем: W40 – 5,16±0,09 Вт/кг; ИНПД – 3,57±0,28 уд/с; поднимание туловища – 46,9±1,2 раза.

У мальчиков со второй СПС наблюдалась тенденция более высокой анаэробной работоспособности по сравнению с первой стадией. Показатели анаэробной алактатной работоспособности составили: Wmax – 12,8±0,4 Вт/кг; МАМ – 1,12±0,04 м/с; МС – 1,46±0,04 кг/кг; результаты бега на 20 м – 3,78±0,03 с; прыжка – 175,0±1,6 см. Показатели анаэробной гликолитической работоспособности в среднем были равны: W40 – 5,22±0,06 Вт/кг; ИНПД – 3,74±0,33 уд/с; поднимание туловища – 45,4±1,0 раза. Между подростками с первой и второй СПС выявлены статистически значимые различия (p<0,05) в отношении бега на 20 метров с хода.

Подростки с третьей СПС отличались от школьников с первой стадией полового развития более высокими результатами выполнения рассматриваемых функциональных и моторных тестов: величина Wmax составляла 13,1±0,3 Вт/кг; МАМ – 1,21±0,03 м/с; МС – 1,49±0,03 кг/кг; результаты бега на 20 м – 3,74±0,04 с; прыжка в длину – 178,3±2,1 см; W40 – 5,45±0,08 Вт/кг; ИНПД – 3,81±0,31 уд/с; поднимания туловища – 44,6±1,2 раза. Между мальчиками с первой и третьей СПС выявлены статистически значимые различия (p<0,05–0,001) по величине МАМ, результатам бега на 20 метров, прыжка в длину. На четвертой СПС величина Wmax была равна 14,3±0,4 Вт/кг, МАМ – 1,37±0,03 м/с, МС – 1,64±0,04 кг/кг, бега на 20 метров – 3,47±0,02 с, прыжка – 189,5±1,8 см; W40 – 5,70±0,08 Вт/кг; ИНПД – 4,74±0,22 уд/с; поднимания туловища – 40,2±1,5 раза. Между подростками с первой и четвертой СПС выявлены различия (p<0,05–0,001) по величине всех рассматриваемых показателей, за исключением результатов выполнения теста «подтягивания». На четвертой СПС наблюдается более высокая работоспособность. Наряду с этим отме-

чается значимое снижение результатов по тесту «поднимание туловища».

Мальчики с пятой СПС характеризовались наивысшей анаэробной работоспособностью. На этой стадии полового развития величина Wmax достигала 15,5±0,5 Вт/кг, МАМ – 1,49±0,04 м/с, МС – 1,69±0,04 кг/кг, бега на 20 м – 3,39±0,03 с, прыжка в длину – 195,2±1,8 см; W40 – 5,93±0,07 Вт/кг; ИНПД – 4,26±0,19 уд/с, поднимания туловища – 42,7±1,5 раза. Между подростками с первой и пятой СПС выявлены различия ($p<0,05–0,001$) в отношение всех рассматриваемых показателей анаэробных алактатных и анаэробных гликолитических возможностей организма. Статистически значимые различия выявлены и между подростками, имеющими вторую, третью и четвертую СПС (таблица).

Результаты исследования хорошо соответствуют выводам других работ. Так, например, показано, что подростки 13-14 лет, находящихся на II, III и IV СПС, значительно отличаются по мощности, емкости и эффективности биоэнергетических систем [5]. Установлено, что мальчики с ускоренным развитием отличаются от школьников со средними и замедленными темпами полового созревания, высокой анаэробной производительностью организма и относительно низкими аэробными возможностями [5]. Эти сведения согласуются с представлением о том, что дефинитивный уровень параметров анаэробного алактатного и анаэробного гликолитического механизмов энергообеспечения мышечной деятельности поступательно формируется в ходе пубертатного периода по мере перехода от начальных к завершающим стадиям полового созревания, что является следствием модификаций нейроэндокринной регуляции процессов роста и развития, происходящих в мышечных волокнах, изменений композиции мышц и активности ряда ферментов [14, 8, 9]. Полученные материалы косвенно подтверждают данные физиологических и биохимических исследований, что в отличии от окислительных ферментов, содержание которых в скелетных мышцах достигает максимума в препубертатный период, ферменты анаэробного гликолиза достигают максимума активности на завершающих этапах пубертатного периода [14, 8, 11]. В целом в рассматриваемый возрастной период у мальчиков ускоряется развитие анаэробного алактатного источника, и продолжают нарастать возможности анаэробного гликолитического источника [8], на этом фоне отмечается существенное изменение характера взаимосвязей рассматриваемых показателей анаэробной производительности [7] организма по сравнению с препубертатным периодом [6]. Все эти изменения, как известно, во многом зависят от активности половых гормонов [8, 11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что мальчики 13–15 лет с разными стадиями полового созревания различаются по уровню развития анаэробных возможностей организма. В целом с увеличением стадии полового созревания наблюдается существенный прирост рассматриваемых показателей анаэробной алактатной и анаэробной гликолитической производительности организма. Наиболее выраженные различия наблюдались между мальчиками, находящимися на первой и пятой стадиях полового созревания. Можно полагать, что расширение функциональных возможностей подростков по мере полового созревания происходит преимущественно за счет увеличения анаэробной производительности организма.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков, Н.И. Биоэнергетика спорта : монография / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – Москва : Советский спорт, 2011. – 160 с.

2. Колесов, Д.В. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания / Д.В. Колесов, Н.Б. Сельверова. – Москва : Педагогика, 1978. – 224 с.

3. 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.

4. Криволапчук, И.А. Максимальная анаэробная мощность детей 11–15 лет / И.А. Криволапчук // Новые исследования в психологии и возрастной физиологии. – 1991. – № 1.– С. 81–85.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. Сонькин, В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе / В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева. – Москва : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.

9. Тамбовцева, Р.В. Ферментативные преобразования мышечной ткани в постнатальном онтогенезе / Р.В. Тамбовцева // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 12. – С. 124–127.

10. 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.

11. 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. – doi: 10.1136/bjsports-2014-094491 // Br J Sports Med. – 2015. – Vol. 49, №. 13. – P. 860–864.

12. Chronological age vs. biological maturation: implications for exercise programming in youth / R.S. Lloyd, J.L. Oliver, A.D. Faigenbaum, G.D. Myer, M.B. De Ste Croix. – doi: 10.1519/JSC.0000000000000391 // J Strength Cond Res. – 2014. – Vol. 28 (5). – P. 1454–1464.

13. Influence of Maturation Stage on Agility Performance Gains After Plyometric Training: A Systematic Review and Meta-analysis / A. Asadi, H. Arazi, R. Ramirez-Campillo, J. Moran, M. Izquierdo. – doi: 10.1519/JSC.0000000000001994 // J Strength Cond Res. – 2017. – Vol. 31 (9). – P. 2609–2617.

14. Kaczor, J.J. 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.

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

16. McNarry, M. The influence of training status on the aerobic and anaerobic responses to exercise in children: a review / M. McNarry, A. Jones. – doi: 10.1080/17461391.2011.643316 // Eur J Sport Sci. – 2014. – No. 14 – P. 57–68.

17. Silva, D.A.S. Impact of physical growth, body adiposity and lifestyle on muscular strength and cardiorespiratory fitness of adolescents / D.A.S Silva, P.C. Martins. – doi: 10.1016/j.jbmt.2017.01.007 // J Bodyw Mov Ther. – 2017. – Vol. 21 (4). – P. 896–901.

REFERENCES

1. Volkov, N.I. and Oleinikov, V.I. (2011), *Sports Bioenergy: monograph*, Soviet sport, Moscow.

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

3. 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.

4. Krivolapchuk, I.A. (1991), "Maximum anaerobic capacity in children 11–15 years old", *New research in psychology and developmental physiology*, No. 1, pp. 81-85.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

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

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-*