

REFERENCES

1. Antropova, M.V. (1984), *Methodological recommendations for physiological and hygienic study of the teaching load*, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, Moscow.
2. Volkov, N.I., Oleynikov, V.I. (2011), *Bioenergetics of sports: monograph*, Soviet sport, Moscow.
3. Ilyuhina, V.A. (2010), *Psychophysiology of functional states and cognitive activity of a healthy and sick person*, Publisher N-L, St. Petersburg.
4. Kostina, L.M. (2006), *Methods for diagnosing anxiety*, Rech Publ., St. Petersburg.
5. Lakin, G.F. (1990), *Biometrics*, Vysshaya shkola Publ., Moscow.
6. Mokhan, R., Glesson, M. and Grinkhaff, P.L. (2001), *Biochemistry of Muscular Activity and Physical Training*, Olympic Literature, Kiev.
7. Rogov, V.I. (1995), *Handbook of Practical Psychologist in Education*, Vldos, Moscow.
8. Sonkin, V.D. and Tambovceva, R.V. (2010), *Development of muscular energy and working capacity in ontogenesis*, Publishing house "LIBROKOM", Moscow.
9. Shlyk, N.I. (2011), *Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes*, Udmurt University Publishing House, Izhevsk.
10. 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.
11. Huang, C.J., Webb, H.E., Zourdos, M.C. and Acevedo, E.O. (2013), "Cardiovascular reactivity, stress, and physical activity", *Front Physiol.*, Vol. 7, No. 4, pp. 314-318.
12. de Greeff, J.W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C. and Hartman, E. (2018), "Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis", *J Sci Med Sport.*, Vol.21, No. 5. pp. 501-507.
13. Everly, G., Latin, J.A. (2013), *Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response*, NY, Springer.
14. Wasley, D., Taylor, A., Backx, K. and Williamon, A. (2012), "Influence of fitness and physical activity on cardiovascular reactivity to musical performance", *Work*, Vol. 41, No. 1, pp. 27-32.
15. Lawlor, D.A. and Hopker, S.W. (2001), "The effectiveness of exercise as an intervention in the management of depression: systematic review and meta-regression analysis of randomized controlled trials", *BMJ*, Vol. 322, pp. 763-767.
16. Norris, R., Carroll, D. and Cochrane, R. (1990), "The effects of aerobic and an-aerobic training on fitness, blood pressure, and psychological stress and well-being", *J. Psychosom.*, Vol. 34, No. 4, pp. 367-375.
17. Donnelly, J.E., Hillman, C.H., Castelli, D., Etnier, J.L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K. and Szabo-Reed, A.N. (2016), "Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review", *Med Sci Sports Exerc.*, Vol. 48, No. 6, pp. 1223-1224.
18. Roemmich, J.N., Lambiase, M., Salvy, S.J. and Horvath, P.J (2009), "Protective effect of interval exercise on psychophysiological stress reactivity in children", *Psychophysiology*, Vol. 46, No. 4, pp. 852.
19. Alvarez-Bueno, C., Pesce, C., Cavero-Redondo, I., Sanchez-Lopez, M., Martinez-Hortelano, J.A. and Martinez-Vizcaino, V. (2017), "The Effect of Physical Activity Interventions on Childrens Cognition and Metacognition: A Systematic Review and Meta-Analysis", *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, Vol. 56, No. 9, pp. 729-738.

**Контактная информация:** i.krivolapchuk@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 23.08.2019*

**УДК 612.776.1**

**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕВОЧЕК-ПОДРОСТКОВ 11-12 ЛЕТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ АЭРОБНОЙ И АНАЭРОБНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ**

*Иван Игоревич Криволапчук, научный сотрудник, Институт возрастной физиологии Российской академии образования, Москва; Галина Алексеевна Зайцева, кандидат*

*педагогических наук, доцент, Национальный исследовательский технологический университет, Москва; **Вадим Петрович Чичерин**, кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой, Государственный университет управления, Москва; **Раиса Митрофановна Носова**, кандидат педагогических наук, доцент, Национальный исследовательский технологический университет, Москва*

#### **Аннотация**

В исследовании приняли участие девочки 11-12 лет (n=177), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Сравнение девочек-подростков, отличающихся по уровню развития аэробных и анаэробных возможностей, выявило статистически значимые различия в отношении ряда показателей функционального состояния (ФС) организма. Установлено, что высокая аэробная производительность положительно влияет на уровень вегетативной активации и эффективность когнитивной деятельности, адаптационные возможности системы кровообращения, в то время как высокая анаэробная производительность вызывает противоположно направленные изменения большинства рассматриваемых показателей ФС. Вместе с тем девочки с высоким уровнем анаэробных, также, как и девочки с высоким уровнем аэробных возможностей, отличались хорошей физиологической устойчивостью к стрессу и повышенной субъективной оценкой состояния в динамике учебного дня.

**Ключевые слова:** аэробная мощность, анаэробная мощность, уровни развития, физиологические и субъективные показатели функционального состояния.

#### **PECULIARITIES OF 11-12 AGED GIRLS-ADOLESCENTS' FUNCTIONAL STATE DEPENDING OF THE AEROBIC AND ANAEROBIC WORKING CAPABILITY LEVEL**

*Ivan Igorevich Krivolapchuk, the researcher, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow; **Galina Alekseevna Zaytseva**, the candidate of pedagogical sciences, senior lecturer, National University of Science and Technology, Moscow; **Vadim Petrovich Chicherin**, the candidate of pedagogical sciences, department chairman, State University of Management, Moscow; **Raisa Mitrofanovna Nosova**, the candidate of pedagogical sciences, senior lecturer, National University of Science and Technology, Moscow*

#### **Annotation**

11-12 aged girls (n=177), related to the main medical group, took part in the research. The comparison of the girls-adolescents, being different with the level of the aerobic and anaerobic capability, stated out that high aerobic productivity influences positively on the level of the vegetative activation and effectiveness of the cognitive activity, adaptive capability of the blood-vascular system, while high anaerobic productivity causes the changes directed in opposite way for the most observed FS indexes. At the same time, the girls with high anaerobic level, as well as the girls with a high aerobic level, differ with good physiological constancy to the stress and higher subjective value of the state within the dynamics of the studying day.

**Keywords:** aerobic power, anaerobic power, levels of development, physiological constancy and subjective value of functional state.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В ряде исследований показано, что уровень аэробной и анаэробной производительности организма оказывает выраженное влияние функционального состояния (ФС) организма детей и подростков [16, 26, 22, 6, 29, 7]. Это влияние касается профилактики и лечения ряда неинфекционных заболеваний, повышения функциональных возможностей системы кровообращения и прочности костной ткани, снижения степени выраженности тревожности и депрессии, нормализации массы тела и улучшения физической кондиции [19, 16, 22, 25 и др.]. Наряду с этим использование физических упражнений разной метаболической направленности может способствовать совершенствованию механизмов регуляции ФС, повышению их устойчивости в условиях напряженной информационной нагрузки, уменьшению отрицательных последствий психосоциального стресса, повышению резервных возможностей ЦНС [16, 26, 22, 6, 17, 29]. Вместе с тем аэробные и

анаэробные возможности по-разному влияют на физиологические, психологические и поведенческие аспекты ФС детей [23, 15, 25, 28, 17, 6, 7]. Особенности данного влияния, определяется не только различиями в физиологических механизмах аэробной и анаэробной работоспособности, но и во многом зависит от возраста, пола и общего уровня двигательной подготовленности. В связи с вышеизложенным необходимо отметить, что сегодня совершенно не раскрыта специфика влияния аэробной и анаэробной производительности на ФС девочек подросткового возраста в условиях интенсивной познавательной деятельности.

Цель исследования – выявить особенности функционального состояния девочек-подростков 11-12 лет в условиях напряженной когнитивной нагрузки в зависимости от уровня развития аэробной и анаэробной работоспособности.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие девочки 11-12 лет ( $n=177$ ), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Организация исследования соответствовала с требованиями Хельсинской декларации.

Для изучения эффективности когнитивной деятельности использовался методика дозирования работы во времени в модификации Института возрастной физиологии РАО [1]. По результатам выполнения корректурной пробы определяли количество просмотренных знаков (А), количество общих ошибок (ОШ) и ошибок на дифференцировку (ОШД), коэффициент продуктивности (Q). Изучение ФС проводили в следующих экспериментальных ситуациях: «фон»; «автотемп»; «максимальный темп» [5]. Непосредственно перед реализацией каждого задания вводилась инструкция для испытуемого, выполняющего тест.

Оценка состояния систем регуляции физиологических функций осуществлялась посредством математического анализа сердечного ритма [2]. Определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), продолжительность R-R интервала (RRNN), моду ( $M_0$ ), амплитуду моды ( $AM_050$ ), вариационный размах ( $MxDMn$ ), квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD), стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (SDNN), стресс-индекс (SI) [12].

Измерение систолического (СД) и диастолического (ДД) артериального давления крови проводили методом Короткова с использованием механического тонометра и манжетки соответствующего размера [10]. На основании этих измерений рассчитывались среднее артериальное давление (САД), вегетативный индекс Кердо (ВИК), двойное произведение (ДП), показатель адаптационного потенциала (АП) [2].

Эффективность деятельности оценивалась на основании соотношения скорости и продуктивности работы с величиной вегетативных затрат при её выполнении. Определяли  $Q/ЧСС$ ,  $Q/SI$ ,  $Q/ДП$ ,  $A/ЧСС$ ,  $A/SI$ ,  $A/ДП$  [5].

Для оценки психологических аспектов ФС использовали тест школьной тревожности Филлипса [9] и тест дифференцированной самооценки состояния (САН) [3].

Пять стадий полового созревания (СПС) определяли по модифицированной методике Tanner J.M. [4].

Аэробные возможности оценивали на основе определения максимального потребления кислорода (МПК), мощности физической нагрузки, при пульсе 170 уд/мин ( $PWC170$ ) и мощности нагрузки, максимальное время выполнения которой составляло 900с ( $W900$ ) [11]. По каждому показателю выделяли высокий, средний и низкий уровни аэробной мощности, затем определяли обобщенную оценку аэробной мощности.

Анаэробные возможности оценивали на основе определения мощности нагрузок, максимальное время выполнения которых составляло 1 ( $W1$ ), 10 ( $W10$ ), и 40 с ( $W40$ ) [11]. По каждому показателю выделяли высокий, средний и низкий уровни анаэробной мощности, затем определяли обобщенную оценку анаэробной мощности.

Обработка данных осуществлялась с использованием стандартной программы в

пакете Statistica. Статистическую значимость различий определяли на основе расчета t-критерия Стьюдента для несвязанных выборок. Различия считались статистически существенными при уровне значимости  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение девочек-подростков 11-12 лет с высоким и низким уровнем аэробной производительности выявило наличие статистически значимых ( $p < 0,05-0,001$ ) различий в отношении ряда показателей ФС организма (рисунок 1). Школьницы, характеризующиеся высокой аэробной мощностью отличались от своих сверстниц с низким мощностью аэробной системы, повышенными значениями  $RRNN_0$ ,  $RRNN_1$ ,  $C_{до}$ ,  $C_{после}$ ,  $H_{до}$ ,  $H_{после}$ ,  $A_2$ ,  $A_{до}$ ,  $A/ДП_2$ ,  $Q_2$ ,  $Q_{до}$ ,  $Q/ДП_1$ ,  $Q/ДП_2$  и сниженными значениями  $СД_0$ ,  $СД_1$ ,  $СД_2$ ,  $САД_0$ ,  $САД_1$ ,  $САД_2$ ,  $ДП_1$ ,  $ДП_2$ ,  $НУС$ ,  $СПС$ ,  $ИФИ_0$ ,  $ИФИ_1$ ,  $ИФИ_2$ .

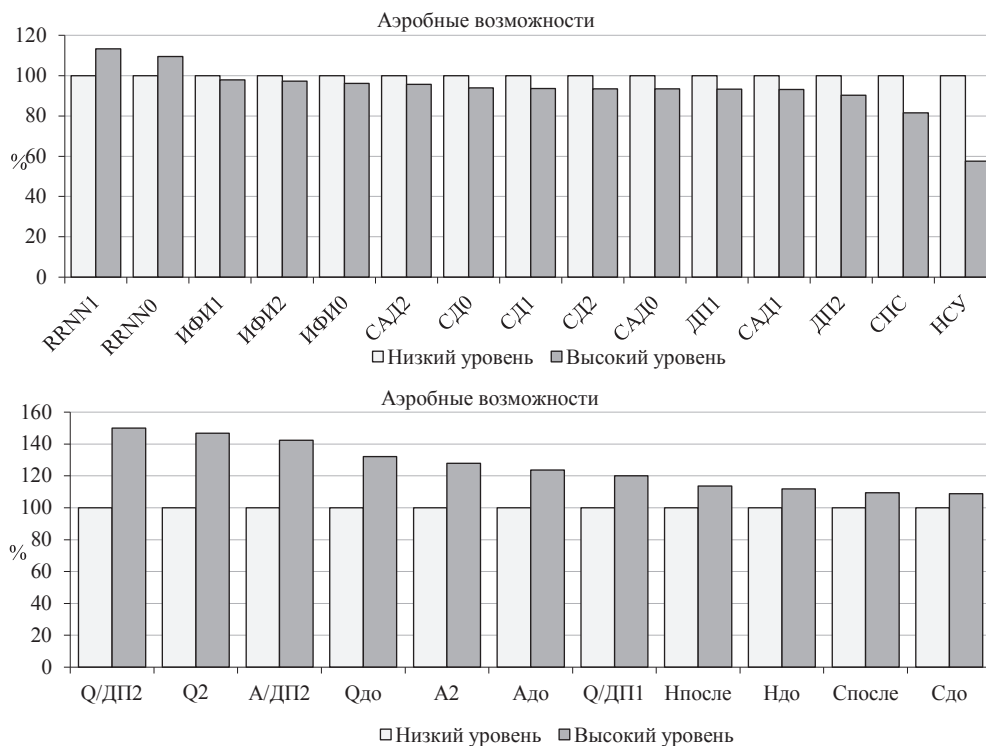


Рисунок 1 – ФС девочек-подростков в зависимости от уровня аэробной работоспособности

Примечание: Представлены показатели, в отношении которых выявлены статистически значимые межгрупповые различия.

За 100% принята величина показателя у девочек с низкими аэробными возможностями.

Индексы 0, 1, 2 – показатели ФС в покое, при информационной нагрузке в авто- и максимальном темпе, соответственно.

Эти данные свидетельствуют о том, что аэробная производительность организма влияет на уровень вегетативной активации в покое и при когнитивных нагрузках, эффективность деятельности, адаптационные возможности системы кровообращения и стрессоустойчивость. Выявлены отличия в темпах полового созревания.

Девочки-подростки с высокой анаэробной мощностью по сравнению со сверстницами с низким мощностью анаэробной системы, отличались повышенными значениями  $СД_0$ ,  $СД_2$ ,  $ДД_0$ ,  $ДД_1$ ,  $ДД_2$ ,  $САД_0$ ,  $САД_1$ ,  $САД_2$ ,  $ИФИ_2$ , активности<sub>до</sub>, активности<sub>после</sub>,  $СПС$  и сниженными значениями  $ВИК_2$ ,  $A_2$ ,  $Q/SI_2$ ,  $НСУ$  (рисунок 2).

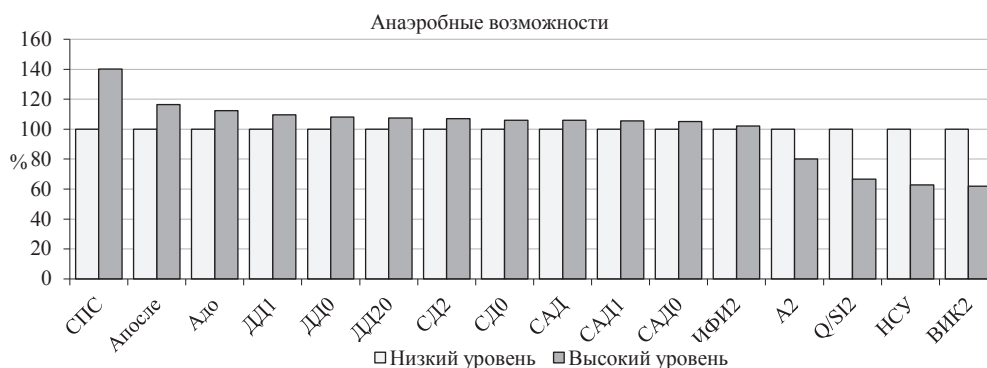


Рисунок. 2 – ФС девочек–подростков в зависимости от уровня анаэробной работоспособности  
 Примечание: Представлены показатели, в отношении которых выявлены статистически значимые межгрупповые различия.  
 За 100 % принята величина показателя у девочек с низкими анаэробными возможностями. Индексы 0, 1, 2 – показатели ФС в покое, при информационной нагрузке в авто- и максимальном темпе, соответственно.

Эти данные свидетельствуют, что анаэробная производительность организма также влияет на уровень вегетативной активированности, эффективность деятельности, адаптационные возможности системы кровообращения и стрессоустойчивость. Выявлены отличия в темпах полового созревания.

Важно подчеркнуть, что в большинстве случаев обнаружена противоположно направленная тенденция изменений средних величин рассматриваемых показателей ФС при сопоставлении испытуемых с высоким или низким уровнем аэробной и анаэробной производительности организма. Это касается, в том числе, и стадий полового созревания. Девочки одного возраста с высокими аэробными возможностями отставали ( $p < 0,001$ ) от школьниц с высокими анаэробными возможностями по темпам полового созревания.

Для девочек с высокими аэробными возможностями в целом характерны относительно низкий уровень активированности в покое и при нагрузках, высокая эффективность деятельности и адаптационный потенциал системы кровообращения. Для девочек с высокими анаэробными возможностями, напротив, характерны относительно высокий уровень активированности в покое и при нагрузках, сниженная эффективность деятельности, относительно небольшой адаптационных потенциал системы кровообращения. Вместе с тем девочки как с высоким уровнем аэробных, так и анаэробных возможностей, отличались хорошей физиологической устойчивостью к стрессу, повышенными показателями активности, самочувствия и настроения в режиме учебного дня.

Полученные сведения во многом согласуются с данными научной литературы. Так, в ряде работ показано, что индивиды разного возраста, в том числе и дети, обладающие высокой аэробной производительностью организма, проявляют меньший уровень неспецифической активации в покое и при действии психосоциальных стрессов по сравнению с лицами, имеющими низкую аэробную работоспособность [24, 27, 18, 22, 29, 7].

В условиях стресса это проявляется в уменьшении сдвигов различных физиологических и психологических показателей, в ответ на действие раздражителя и в увеличении скорости восстановления в постстрессовый период [16, 24, 20, 26, 22, 7]. Наряду со снижением стрессовой реактивности испытуемые, характеризующиеся высокой аэробной мощностью, демонстрируют повышенную продуктивность интенсивной когнитивной деятельности в стрессорных условиях и хорошую академическую успеваемость [13, 25, 6, 7 и др.].

Менее определенно можно говорить о защитных эффектах высокой анаэробной производительности организма. По этому вопросу имеются две прямо противоположные точки зрения. Одни исследователи считают, что анаэробные возможности не оказывают существенного влияния на ФС организма в стрессорных условиях и при напряженных

когнитивных нагрузках [8, 14, 21], другие, наоборот, подчеркивают положительное, хотя и менее значительное по сравнению с аэробными возможностями, воздействие на различные функциональные показатели [23, 15, 25, 28, 17, 7].

В заключение отметим, что по темпам полового созревания девочки с высокой анаэробной работоспособностью превосходили школьниц с высокими аэробными возможностями организма. Учитывая данное обстоятельство, рассматриваемая проблема требует дальнейшего изучения с учетом стадии полового созревания у девочек–подростков одного паспортного возраста.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение девочек-подростков 11-12 лет, отличающихся по уровню развития аэробных и анаэробных возможностей, выявило статистически значимые различия в отношении ряда показателей ФС организма.

Установлено, что высокая аэробная производительность положительно влияет на уровень вегетативной активации и эффективность когнитивной деятельности, адаптационные возможности системы кровообращения, в то время как высокая анаэробная производительность вызывает противоположно направленные изменения большинства рассматриваемых показателей ФС. Вместе с тем девочки с высоким уровнем анаэробных, также как и девочки с высоким уровнем аэробных возможностей, отличались хорошей физиологической устойчивостью к стрессу и повышенной субъективной оценкой состояния в динамике учебного дня.

**Работа поддержана грантом РФФИ (проект № 18-013-00649а).**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антропова, М.В. Методические рекомендации по физиолого-гигиеническому изучению учебной нагрузки / М.В. Антропова ; Акад. пед. наук СССР. – М. : Изд-во АПН СССР, 1984. – 67 с.
2. Баевский, Р.М. Основные принципы измерения уровня здоровья // Проблемы адаптации и учение о здоровье / Р.М. Баевский. – М., 2006. – С. 119–165.
3. Елисеев, О.П. Конструктивная типология и психодиагностика личности / О.П. Елисеев. – Псков : Изд-во Псковского областного института усовершенствования учителей, 1994. – 280 с.
4. Колесов, Д.В. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания / Д.В. Колесов, Н.Б. Сельверова. – М. : Педагогика, 1978. – 224 с.
5. Криволапчук, И.А. Психофизиологическая характеристика функционального состояния подростков на разных стадиях полового созревания в условиях информационной нагрузки / И.А. Криволапчук, В.К. Сухецкий // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. – № 6. – С. 13–25.
6. Криволапчук, И.А. Синергетический эффект воздействия биоэнергетических компонентов физической работоспособности на функциональное состояние школьников-подростков при напряженной когнитивной деятельности / И.А. Криволапчук, М.Б. Чернова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 9 (163). – С. 161–167.
7. Криволапчук, И.А. Функциональное состояние подростков при познавательной деятельности в зависимости от уровня аэробной мощности / И.А. Криволапчук, В.К. Сухецкий, М.Б. Чернова // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Том 18. – № 3. – С. 16–29.
8. Меерсон, Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшеничкова. – М. : Медицина, 1988. – 256 с.
9. Микляева, А.В. Школьная тревожность: диагностика, профилактика, коррекция / А.В. Микляева, П.В. Румянцева. – СПб. : Речь, 2007. – 248 с.
10. Подростковая медицина. Руководство / под ред. Л.И. Левиной, А.М. Куликова. – СПб. : Питер, 2006. – 544 с.
11. Сонькин, В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе / В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
12. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. – Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
13. Aerobic fitness is associated with greater efficiency of the network underlying cognitive control in preadolescent children / M.W. Voss, L. Chaddock, J.S. Kim, M. Vanpatter, M.B. Pontifex, L.B. Raine,



- N.J. Cohen, C.H. Hillman, A.F. Kramer // *Neuroscience*. – 2011. – Vol. 199. – P. 166–176.
14. Bosscher, R.J. Measuring physical self-efficacy in old age / R.J. Bosscher, L. Laurijssen, E. de Boer // *Percept Mot Skills*. – 1993. – Vol. 77. – № 2. – P. 470.
15. Cardiovascular reactivity, stress, and physical activity / C.J. Huang, H.E. Webb, M.C. Zourdos, E.O. Acevedo // *Front Physiol*. – 2013. – Vol. 7. – № 4. – P. 314–318.
16. Crews, D.J. Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income Hispanic children / D.J. Crews, M.R. Lochbaum, D.M. Landers // *Percept Mot Skills*. – 2004. – Vol. 98. – № 1. – P. 319–324.
17. Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in pre-adolescent children: a meta-analysis / J.W. de Greeff, R. J. Bosker, J. Oosterlaan, C. Visscher, E. Hartman // *J Sci Med Sport*. – 2018. – Vol. 21, № 5. – P. 501–507.
18. Everly, G. *Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response* / G. Everly, J.A Latin. – NY : Springer, 2013. – 486 p.
19. *Global Recommendations on Physical activity for Health*. – Geneva, World Health Organization, 2010. – 60 p.
20. Hamer, M. Association Between Physical Fitness, Parasympathetic Control, and Proinflammatory Responses to Mental Stress / M. Hamer, A. Steptoe // *Psychosomatic Medicine*. – 2007. – Vol. 69. – № 7. – P. 660–666.
21. Indicators for high physical strain and overload in elite football player / S. Meister, O. Faude, T. Ammann, R. Schnittker, T. Meyer // *Scand J Med Sci Sports*. – 2013. – Vol. 23. – № 2. – P. 156–163.
22. Lambiase, M.J. Systolic Blood Pressure Reactivity During Submaximal Exercise and Acute Psychological Stress in Youth / M.J. Lambiase, J. Dorn, J.M. Roemmich // *Am J Hypertens*. – 2013. – Vol. 26. – № 3. – P. 409–415.
23. Lawlor, D.A. The effectiveness of exercise as an intervention in the management of depression: systematic review and meta-regression analysis of randomized controlled trials / D.A. Lawlor, S.W. Hopker // *BMJ*. – 2001. – Vol. 322 (7289). – P. 763–767.
24. Links between physical fitness and cardiovascular reactivity and recovery to psychological stressors: A metanalysis / K. Forcier, L.R. Stroud, G.D. Papandonatos, B. Hitsman, M. Reiches, J. Krishnamoorthy, R. Niaura // *Health Psychol*. – 2006. – Vol. 25. – № 6. – P. 723–739.
25. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review / J.E. Donnelly, C.H. Hillman, D. Castelli, J.L. Etnier, S. Lee, P. Tomporowski, K. Lambourne, A.N. Szabo-Reed // *Med Sci Sports Exerc*. – 2016. – Vol. 48. – № 6. – P. 1223–1224.
26. Protective effect of interval exercise on psychophysiological stress reactivity in children / J.N. Roemmich, M. Lambiase, S.J. Salvy, P.J Horvath // *Psychophysiology*. – 2009. – Vol. 46. – № 4. – P. 852.
27. Sothmann, M.S. The cross-stressor adaptation hypothesis and exercise training / M.S. Sothmann // *Psychobiology of physical activity* / Eds. E.O. Acevedo and P. Ekkekakis. – Champaign : Human Kinetics Publishers, 2006. – P. 152–154.
28. The Effect of Physical Activity Interventions on Childrens Cognition and Metacognition: A Systematic Review and Meta-Analysis / C. Alvarez-Bueno, C. Pesce, I. Cavero-Redondo, M. Sanchez-Lopez, J. A. Martinez-Hortelano, V. Martinez-Vizcaino // *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. – 2017. – Vol. 56. – № 9. – P. 729–738.
29. The effects of a school-based exercise program on neurophysiological indices of working memory operations in adolescent / S. Ludyga, M. Gerber, K. Kamijo, S. Brand, U. Puhse // *J Sci Med Sport*. – 2018. – Vol. 21. – № 8. – P. 833–838.

## REFERENCES

1. Antropova, M.V. (1984), *Methodological recommendations for physiological and hygienic study of the teaching load*, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, Moscow.
2. Baevskij, R.M. (2006) Basic principles of measuring the level of health, in book *Adaptation problems and health theory*. Publishing House of the Peoples Friendship University of Russia, Moscow, pp. 119-165.
3. Eliseev, O.P. (1994), *Constructive Typology and Psychodiagnostics of Personality*, Publisher Pskov Regional Institute for Teacher Improvement, Pskov.
4. Kolesov, D.V. and Selverova, N.B. (1978), *Physiological and pedagogical aspects of puberty*, Pedagogika, Moscow.
5. Krivolapchuk, I.A. and Sukhetskij, V.K. (2005), “Psychophysiological characteristics of the functional state of adolescents at different stages of puberty under conditions of information load”,

*Fiziologiya cheloveka*, Vol. 31, No. 6, pp. 13-25.

6. Krivolapchuk, I.A. and Chernova, M.B. (2018), “The synergistic effect of the bioenergetic components of physical performance on the functional state of teenage students with intense cognitive activity”, *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, No. 9 (163), pp. 161-167.

7. Krivolapchuk, I.A., Sukhetskyy, V.K. and Chernova, M.B. (2018), “The functional state of adolescents in cognitive activity, depending on the level of aerobic power”, *Human. Sport. Medicine*, Vol. 18, No. 3, pp. 16–29.

8. Meerson, F.Z., Pshennikova, M.G. (1988), *Adaptation to stressful situations and physical loads*, Medicine, Moscow.

9. Miklyaeva, A.V. and Rummyantsev, P.V. (2007), *School anxiety: diagnosis, prevention, correction*, Rech, St. Petersburg.

10. Ed. Levina, L.I. and Kulikova, A.M. (2006), *Adolescent medicine. Guide*, Peter, St. Petersburg.

11. Sonkin, V.D. and Tambovtseva, R.V. (2011), *Development of muscular energy and working capacity in ontogenesis*, Book house "LIBROKOM", Moscow.

12. Shlyk, N.I. (2009), *Heart rhythm and type of regulation in children, adolescents and athletes*, “Udmurt university” publishing house, Izhevsk.

13. Voss, M.W., Chaddock, L., Kim, J.S., Vanpatter, M., Pontifex, M.B., Raine, L.B., Cohen, N.J., Hillman, C.H. and Kramer, A.F. (2011), “Aerobic fitness is associated with greater efficiency of the network underlying cognitive control in preadolescent children”, *Neuroscience*, Vol. 199, pp.166-176.

14. Bosscher, R.J., Laurijssen, L. and de Boer, E. (1993), “Measuring physical self-efficacy in old age”, *Percept Mot Skills*, Vol. 77, No. 2, pp. 470.

15. Huang, C.J., Webb, H.E., Zourdos, M.C. and Acevedo, E.O. (2013) “Cardiovascular reactivity, stress, and physical activity”, *Front Physiol.*, Vol. 7, No. 4, pp. 314-318.

16. Crews, D.J., Lochbaum, M.R. and Landers, D.M. (2004), “Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income Hispanic children”, *Percept Mot Skills*, Vol. 98, No. 1, pp. 319-324.

17. de Greeff, J.W., Bosker, R.J., Oosterlaan, J., Visscher, C. and Hartman, E. (2018), “Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis”, *J Sci Med Sport.*, Vol. 21, No. 5, pp. 501-507.

18. Everly, G. and Latin, J.A. (2013), *Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response*, Springer, NY.

19. *Global Recommendations on Physical activity for Health* (2010), World Health Organization, Geneva.

20. Hamer, M. and Steptoe, A. (2007), “Association Between Physical Fitness, Parasympathetic Control, and Proinflammatory Responses to Mental Stress”, *Psychosomatic Medicine*, Vol. 69, No. 7, pp. 660-666.

21. Meister, S., Faude, O., Ammann, T., Schnitker, R. and Meyer, T. (2013), “Indicators for high physical strain and overload in elite football player”, *Scand J Med Sci Sports.*, Vol. 2, No. 2, pp.156-163.

22. Lambiase, M.J., Dorn, J. and Roemmich, J.M. (2013), “Systolic Blood Pressure Reactivity During Submaximal Exercise and Acute Psychological Stress in Youth”, *Am J Hypertens.*, Vol. 26, No. 3, pp. 409-415.

23. Lawlor, D.A. and Hopker, S.W. (2001), “The effectiveness of exercise as an intervention in the management of depression: systematic review and meta-regression analysis of randomized controlled trials”, *BMJ*, Vol. 322 (7289), pp. 763-767.

24. Forcier, K., Stroud, L.R. and Papandonatos, G.D., Hitsman, B., Reiches, M., Krishnamoorthy, J. and Niaura, R. (2006), “Links between physical fitness and cardiovascular reactivity and recovery to psychological stressors: A metanalysis”, *Health Psychol.*, Vol. 25, No. 6, pp. 723-739.

25. Donnelly, E., Hillman, C.H., Castelli, D., Etnier, J.L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K. and Szabo-Reed, A.N. (2016), “Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review”, *Med Sci Sports Exerc.*, Vol. 48, No. 6, pp. 1223-1224.

26. Roemmich, J.N., Lambiase, M., Salvy, S.J. and Horvath, P.J. (2009), “Protective effect of interval exercise on psychophysiological stress reactivity in children”, *Psychophysiology*, Vol. 46, No. 4, pp. 852.

27. Sothmann, M.S. (2006), “The cross-stressor adaptation hypothesis and exercise training”, in book *Eds. E.O. Acevedo and P. Ekkekakis, Psychobiology of physical activity*, Human Kinetics Publishers, Champaign, pp. 152-154.



28. Alvarez-Bueno, C., Pesce, C., Cavero-Redondo, I., Sanchez-Lopez, M., Martinez-Hortelano, J.A. and Martinez-Vizcaino, V. (2017), “The Effect of Physical Activity Interventions on Childrens Cognition and Metacognition: A Systematic Review and Meta-Analysis”, *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, Vol. 56, No. 9, pp. 729-738.

29. Ludyga S., Gerber, M., Kamijo, K., Brand, S. and Puhse, U. (2018), “The effects of a school-based exercise program on neurophysiological indices of working memory operations in adolescent”, *J Sci Med Sport.*, Vol. 21. No. 8, pp. 833-838.

**Контактная информация:** i.krivolapchuk@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 23.08.2019*

**УДК 796.912**

### **ДИНАМИКА КООРДИНАЦИОННОЙ СЛОЖНОСТИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ЮНИОРСКОМ ПАРНОМ КАТАНИИ В СЕЗОНАХ 2015–2019 ГГ.**

*Лариса Владимировна Кузнецова, старший преподаватель,*

*Елена Вячеславовна Жгун, кандидат педагогических наук, доцент,*

*Кристина Андреевна Астахова,*

*Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва*

#### **Аннотация**

Исследование посвящено определению динамики координационной сложности структурных элементов произвольных программ спортивных пар юниоров по результатам первенств мира с 2015 по 2019 год. Выявлена общая тенденция к повышению всех составляющих итоговой оценки в исследуемый период. Определены отдельные составляющие роста показателей координационной сложности элементов произвольных программ юниорского парного катания. В 2018 году впервые был выполнен элемент «подкрутка» в четыре оборота. Результаты анализа средних арифметических показателей технической оценки за элементы и компоненты программы в каждом сезоне позволили также выявить показатели, имеющие тенденцию регресса – это прыжки и компоненты программ. Во всех остальных показателях наблюдается увеличение как базовой оценки, так и оценок за качество исполнения элементов, что позволяет говорить о повышении координационной сложности соревновательных программ юниорских спортивных пар за счет включения прыжковых элементов, их каскадов и комбинаций с более высокой базовой стоимостью.

**Ключевые слова:** фигурное катание на коньках; юниорское парное катание; координационная сложность; произвольная программа.

### **DYNAMICS OF COORDINATION COMPLEXITY LEVEL IN JUNIOR PAIRS FREE SKATING IN THE 2015–2019 SEASONS**

*Larisa Vladimirovna Kuznetsova, the senior teacher,*

*Elena Vyacheslavovna Zhgoon, the candidate of pedagogical sciences, senior lecturer,*

*Kristina Andreevna Astakhova,*

*Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism, Moscow*

#### **Annotation**

The study is devoted to determining the dynamics of the coordination complexity of the structural elements in free programs of junior pair skating. It is based on the results of ISU World Junior Figure Skating Championships from 2015 to 2019. The general tendency of all components final score increase is observed. Different components of free programs coordination complexity increase were determined. In 2018, the “twist” element with four revolutions was performed for the first time. The results of the analysis of the average indicators of the technical and components scores of the program in each season allowed us to identify the indicators that have a regression trend – these are jumps and components of the programs. In all other indicators, there is an increase in both the base value and the technical scores, which suggests an increase in the coordination complexity of the free programs of junior pairs by including jumps, combinations and sequences with a higher base value.