

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДРОСТКОВ ПРИ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ АЭРОБНОЙ МОЩНОСТИ

И.А. Криволапчук^{1,2}, В.К. Сухецкий³, М.Б. Чернова¹

¹Институт возрастной физиологии Российской академии образования, г. Москва, Россия,

²Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия,

³Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Беларусь

Цель исследования – выявить особенности функционального состояния (ФС) организма школьников-подростков, характеризующихся высоким и низким уровнем развития аэробной мощности. **Материал и методы.** В исследовании приняли участие мальчики 13–14 лет ($n = 162$), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Использовался комплекс показателей, характеризующих физиологические, психологические и поведенческие аспекты ФС организма. В качестве информативных интегральных показателей максимальной мощности аэробного процесса у детей использовали величины максимального потребления кислорода (МПК), физической работоспособности по тесту PWC_{170} и показателя мощности нагрузки, максимальное время выполнения которой составляет 900 с ($W900$). В ходе статистической обработки полученных данных была осуществлена градация всей выборки испытуемых по трем уровням развития аэробных возможностей организма. **Результаты.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что функциональное состояние подростков 13–14 лет в значительной степени зависит от уровня развития аэробных возможностей организма. Установлено, что мальчики с высокой мощностью аэробной системы энергообеспечения, отличаются от нетренированных сверстников сниженной активированностью в состоянии спокойного бодрствования и менее выраженными изменениями вегетативных показателей функционального состояния при напряженной когнитивной нагрузке на фоне высокого адаптационного потенциала организма. Они характеризуются повышенной эффективностью деятельности в сочетании с высокими оценками показателей самочувствия, активности, настроения. **Заключение.** Уровень развития аэробной мощности можно рассматривать как фактор, детерминирующий изменения функционального состояния подростков в условиях напряженных когнитивных нагрузок.

Ключевые слова: аэробная мощность, физиологические, психологические и поведенческие аспекты функционального состояния, эффективность когнитивной деятельности, подростки.

Известно, что в подростковом возрасте психофизиологические реакции детей на «стандартные» учебные нагрузки нередко чрезмерно усилены и выходят за оптимальные границы. При использовании же повышенных нагрузок на фоне нерациональной организации учебного процесса формируется состояние стресса, которое может привести к снижению работоспособности, истощению резервов организма, развитию скрытой, а затем и явной патологии [3, 15, 21, 27, 35, 41, 54]. Все это обуславливает необходимость оптимизации функционального состояния (ФС) подростков в условиях напряженной учебной дея-

тельности, улучшения их адаптации к современной информационно-образовательной среде, профилактики неблагоприятных последствий психосоциального стресса.

Одним из действенных средств решения данной проблемы является направленное улучшение в процессе занятий по физическому воспитанию параметров мышечной работоспособности и двигательной подготовленности, оказывающих влияние на ФС организма в стрессорных условиях. Имеются сведения о том, что изменения ФС, отмечаемые при стрессе и повышенных интеллектуальных нагрузках, во многом зависят от уров-

на развития аэробных возможностей организма и, прежде всего, аэробной мощности [9, 30, 31, 36, 47, 53, 55, 57]. Показано, что субъекты с высокой мощностью аэробного механизма энергообеспечения мышечной деятельности оказываются более устойчивыми к выраженному нервно-психическому напряжению, интеллектуальным и эмоциональным перегрузкам. Следует подчеркнуть, что большинство этих работ выполнено при участии взрослых людей, тогда как крайне мало публикаций, посвященных изучению рассматриваемой проблемы в онтогенетическом аспекте при участии детей школьного возраста [6, 28, 38, 44, 48, 50, 51]. Сведения о влиянии аэробной производительности на ФС детей разного возраста весьма фрагментарны и касаются, как правило, отдельных показателей. Поэтому, несмотря на имеющиеся данные, проблема оптимизации ФС детей средствами физического воспитания остается открытой. Комплексные исследования физиологических, психологических и поведенческих аспектов ФС подростков в условиях напряженной когнитивной деятельности с учетом уровня развития аэробных возможностей организма не проводились.

Цель исследования – выявить особенности ФС организма школьников-подростков, характеризующихся высоким и низким уровнем развития аэробной мощности.

Материал и методы исследования. В исследовании приняли участие мальчики 13–14 лет ($n = 162$), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Работа осуществлялась в соответствии с требованиями Хельсинской декларации. Использовался комплекс показателей, характеризующих физиологические, психологические и поведенческие аспекты ФС организма. Для оценки степени напряженности регуляторных систем применяли математический анализ сердечного ритма [2]. Реализация метода осуществлялась при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера. Анализировались 100 последовательных кардиоинтервалов. Определяли среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (M_0), амплитуду моды (AM_0), разброс кардиоинтервалов ($MxDMn$), среднеквадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI). Частота сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывалась по 6-секундным отрезкам записи с пересчетом на 1 минуту.

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) давление крови регистрировали в соответствии с рекомендациями ВОЗ. Рассчитывали пульсовое (ПД) и среднее давление (САД), двойное произведение (ДП), вегетативный индекс Кердо (ИК), индекс Мызникова (ИМ) [14], индекс функциональных изменений (ИФИ) [2].

В качестве модели информационной нагрузки использовали компьютеризированный вариант работы с буквенными таблицами В.Я. Анфимова. Обследование осуществлялось в состоянии покоя и в двух режимах работы: 1) автотемп; 2) максимальный темп при наличии «угрозы наказания». Перед выполнением первого задания испытуемым сообщалось, что они должны работать в удобном для себя темпе, а перед реализацией второго им давалась инструкция, содержащая требование безошибочно работать с максимально возможной скоростью. По результатам выполнения тестового задания определяли объем работы (А), рассчитывали коэффициент продуктивности (Q).

Эффективность деятельности оценивали на основании соотнесения результативности работы с величиной вегетативных сдвигов при ее выполнении. Для этого определяли такие показатели, как Q/ЧСС, Q/SI, Q/ДП, А/ЧСС, А/SI, А/ДП. Перед выполнением каждого задания у испытуемых с помощью варианта 8-цветового теста Люшера определяли уровень ситуативной тревожности [17].

Наряду с этим непосредственно в условиях учебного процесса в школе до и после уроков исследовали результативность интеллектуальной деятельности (А, Q) и эмоциональное состояние школьников по тесту САН (самочувствие, активность, настроение) [7, 16].

Для изучения индивидуально-психологических особенностей использовали опросник тревожности Филлипса [12] и 16-факторный личностный опросник Кэттела [7]. Испытуемым раздавался комплект буклетов с инструкциями, тестовыми вопросами и опросными листами.

Степень полового созревания (СПС) определялась по методике, предложенной J.M. Tanner, в модификации Д.В. Колесова, Н.Б. Сельверовой [8]. Выделяли пять стадий полового созревания.

Максимальная мощность аэробного процесса, как известно, достигается на 2–3 минуте работы и может поддерживаться на этом

уровне вплоть до 15–30 минуты [4]. Имеющиеся научные данные в целом свидетельствуют об относительном постоянстве аэробной мощности у детей школьного возраста [18, 22]. В качестве информативных интегральных показателей максимальной мощности аэробного процесса у детей наиболее часто используются величины максимального потребления кислорода (МПК), физической работоспособности по тесту PWC_{170} и мощности нагрузки, максимальное время выполнения, которой составляет 900 с (W900) [18, 19]. Учитывая вышеизложенное, мощность аэробной системы энергообеспечения мышечной деятельности оценивали на основе определения МПК, PWC_{170} и W900.

В ходе статистической обработки полученных данных была осуществлена градация всей выборки испытуемых по трем уровням развития аэробных возможностей организма. С помощью сигмальной шкалы по каждой переменной определялся уровень аэробной мощности. Величины, лежащие в пределах $M \pm 0,67\sigma$, соответствовали среднему уровню. Результаты, имеющие более значительные отклонения от средней в сторону увеличения

или уменьшения, относились к высокому и низкому уровням. Обработка данных осуществлялась с использованием стандартной программы в пакете Statistica. У групп подростков с высоким и низким уровнем аэробной мощности сравнивались средние значения более чем 90 различных показателей ФС.

Результаты исследования и их обсуждение. Сравнение показателей ФС организма подростков 13–14 лет в состоянии спокойного бодрствования выявило статистически значимые различия ($p < 0,05–0,01$), обусловленные уровнем аэробной мощности.

Так, школьники, характеризующиеся высоким уровнем работоспособности по тесту PWC_{170} , отличались от подростков с низким уровнем аэробных возможностей большими величинами RRNN, M_0 , ЧСС и меньшими значениями САД, ДП, ИФИ (табл. 1).

Подростки с высоким уровнем максимального потребления кислорода отличались от мальчиков с низким уровнем этого показателя меньшими величинами СД, ДД, САД и ИФИ (табл. 2).

Между этими группами подростков выявлены также различия в отношении средних

Таблица 1
Table 1

Показатели ФС подростков ($M \pm m$) в зависимости от уровня физической работоспособности по тесту PWC_{170} (кгм / мин * кг)
Indicators of adolescents' FS ($M \pm m$) depending on the level of physical performance according to PWC_{170} test (kgm / min * kg)

Показатель / Indicator	Высокий уровень / High level	Низкий уровень / Low level
RRNN ₀ , с / RRNN ₀ , s	0,73 ± 0,02	0,67 ± 0,02*
M ₀ , с / M ₀ , s	0,74 ± 0,02	0,68 ± 0,02*
ЧСС ₀ , уд./мин / HR ₀ , bpm	82,84 ± 2,10	90,95 ± 2,55*
САД ₀ , мм рт. ст. / MBP ₀ , mm Hg	88,42 ± 1,33	93,18 ± 1,65*
ДП ₀ , отн. ед. / DP ₀ , arb. units	92,23 ± 3,29	106,17 ± 3,93**
ИФИ ₀ , отн. ед. / IFC ₀ , arb. units	5,44 ± 0,05	5,64 ± 0,05**
A/SI ₁ , отн. ед. / A/SI ₁ , arb. units	1,69 ± 0,30	0,96 ± 0,15*
Q/SI ₁ , отн. ед. / Q/SI ₁ , arb. units	0,11 ± 0,02	0,06 ± 0,01*
ЧСС ₂ уд. / мин / HR ₂ , bpm	93,21 ± 1,85	100,00 ± 2,63*
САД ₂ , мм рт. ст. / MBP ₂ , mm Hg	117,11 ± 1,72	122,95 ± 2,15*
ДП ₂ , отн. ед. / DP ₂ , arb. units	109,36 ± 3,19	123,13 ± 4,06*
ИМ ₂ , отн. ед. / MI ₂ , arb. units	143,92 ± 4,69	156,55 ± 3,81*
ИФИ ₂ , отн. ед. / IFC ₂ , arb. units	5,73 ± 0,04	5,90 ± 0,06*
Q _{до} , отн. ед. / Q _{before} , arb. units	44,19 ± 1,96	37,04 ± 2,84*
Настроение _{до} , баллы / Mood _{before} , scores	7,85 ± 0,20	7,05 ± 0,28*
Настроение _{после} / Mood _{after} , scores	7,65 ± 0,19	6,84 ± 0,24*

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

Note. Indices 0, 1, 2 – FS indicators at rest under the information load of auto- and maximum tempo respectively.

Таблица 2
Table 2Показатели ФС подростков ($M \pm m$) в зависимости от уровня $VO_{2\max}$ (мл / мин * кг)
Indicators of adolescents' FS ($M \pm m$) depending on the level of $VO_{2\max}$ (ml / min * kg)

Показатель / Indicator	Высокий уровень High level	Низкий уровень Low level
СД ₀ , мм рт. ст. / SBP ₀ , mm Hg	110,43 ± 1,72	116,25 ± 1,79*
ДД ₀ , мм рт. ст. / DBP ₀ , mm Hg	64,78 ± 1,39	70,71 ± 1,68**
САД ₀ , мм рт. ст. / MBP ₀ , mm Hg	87,61 ± 1,17	93,48 ± 1,53**
ИФИ ₀ , отн. ед. / IFC ₀ , arb. units	5,45 ± 0,04	5,61 ± 0,05*
ДД ₁ , мм рт. ст. / DBP ₁ , mm Hg	66,09 ± 1,51	72,14 ± 1,66**
Q/ДП ₁ , отн. ед. / Q/DP ₁ , arb. units	0,13 ± 0,01	0,09 ± 0,01*
САД ₁ , мм рт. ст. / MBP ₁ , mm Hg	88,91 ± 0,94	94,20 ± 1,49**
ИФИ ₁ , отн. ед. / IFC ₁ , arb. units	5,51 ± 0,04	5,67 ± 0,04*
СД ₂ , мм рт. ст. / SBP ₂ , mm Hg	116,74 ± 1,32	123,57 ± 1,72**
ДП ₂ , отн. ед. / DP ₂ , arb. units	109,24 ± 3,29	121,33 ± 3,38*
A ₂ , знаков / A ₂ , number of symbols	251,61 ± 17,67	198,75 ± 12,00*
Q ₂ , отн. ед. / Q ₂ , arb. units	8,51 ± 1,00	5,62 ± 0,68*
A/ЧСС ₂ , отн. ед. / A/HR ₂ , arb. units	2,62 ± 0,16	2,04 ± 0,12*
A/ДП ₂ , отн. ед. / A/DP ₂ , arb. units	2,33 ± 0,17	1,66 ± 0,10**
Q/ЧСС ₂ , отн. ед. / Q/HR ₂ , arb. units	0,09 ± 0,01	0,06 ± 0,01**
Q/ДП ₂ , отн. ед. / Q/DP ₂ , arb. units	0,08 ± 0,01	0,05 ± 0,01*
САД ₂ , мм рт. ст. / MBP ₂ , mm Hg	96,74 ± 1,05	100,80 ± 1,68*
ИФИ ₂ , отн. ед. / IFC ₂ , arb. units	5,73 ± 0,04	5,88 ± 0,05*
Q _{до} , отн. ед. / Q _{before} , arb. units	43,37 ± 1,92	37,18 ± 2,23*
Самочувствие _{до} , баллы / Well-being _{before} , score	7,54 ± 0,19	6,93 ± 0,23*
Настроение _{до} , баллы / Mood _{before} , score	7,63 ± 0,17	6,83 ± 0,21*
Самочувствие _{после} , баллы / Well-being _{after} , score	7,26 ± 0,20	6,59 ± 0,26*
Настроение _{после} , баллы / Mood _{after} , score	7,53 ± 0,19	6,81 ± 0,20*
СПС, отн. ед. / PS, arb. units	2,25 ± 0,12	2,96 ± 0,15***

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

Note. Indices 0, 1, 2 – FS indicators at rest under the information load of auto- and maximum tempo respectively.

значений показателя стадии полового созревания. В группе школьников с высоким уровнем данного параметра встречаемость подростков, находящихся на начальных этапах полового созревания, была выше.

Мальчики с высоким уровнем показателя мощности нагрузки, максимальное время выполнения которой составляет 900 с, также характеризовались низкими величинами СД и САД в состоянии спокойного бодрствования (табл. 3).

Таким образом, мальчики-подростки 13–14 лет с высокой аэробной производительностью в состоянии спокойного бодрствования характеризуются низкой фоновой активированностью в сочетании с высоким адаптационным потенциалом организма.

При выполнении подростками с высокими аэробными возможностями организма тес-

товых когнитивных заданий отмечались менее выраженные ($p < 0,05–0,01$) изменения рассматриваемых физиологических, психологических и поведенческих показателей ФС и более высокая эффективность деятельности по сравнению со школьниками с низким уровнем аэробной мощности.

Так, у мальчиков, характеризующихся высоким уровнем работоспособности по тесту PWC₁₇₀, при реализации интеллектуальной деятельности в режиме «автотемп» наблюдались более высокие значения A/SI и Q/SI по сравнению со школьниками с низкой работоспособностью. При работе в режиме «максимальный темп» между ними были обнаружены различия, касающиеся ЧСС, САД, ДП, ИМ, ИФИ (см. табл. 1).

Школьники с высоким уровнем максимального потребления кислорода при работе

Показатели ФС подростков ($M \pm m$) в зависимости от уровня мощности нагрузки, время выполнения которой составляет 900 с (Вт/кг)
Indicators of adolescents' FS ($M \pm m$) depending on the power of the load performed during 900 s (W / kg)

Показатель / Indicator	Высокий уровень High level	Низкий уровень Low level
СД ₀ , мм рт. ст. / SBP ₀ , mm Hg	110,42 ± 1,55	116,09 ± 1,96*
САД ₀ , мм рт. ст. / MBP ₀ , mm Hg	87,64 ± 1,02	91,96 ± 1,69*
САД ₁ , мм рт. ст. / MBP ₁ , mm Hg	88,96 ± 1,00	92,83 ± 1,50*
СД ₂ , мм рт. ст. / SBP ₂ , mm Hg	116,39 ± 1,07	122,83 ± 2,06**
A _{до} , знаков / A _{before} , number of symbols	533,36 ± 13,07	460,00 ± 23,52**
Q _{до} уроков, отн. ед. / Q _{before} , arb. units	43,39 ± 1,51	36,84 ± 2,52*
Активность _{до} , баллы / Activity _{before} , arb. units	7,15 ± 0,21	6,32 ± 0,32*

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

Note. Indices 0, 1, 2 – FS indicators at rest under the information load of auto- and maximum tempo respectively.

в режиме «автотемп», отличались от мальчиков с невысоким уровнем этого показателя низкими величинами ДД, САД, ИФИ и более высокими значениями Q/ДП. При выполнении тестового задания с максимальной скоростью были обнаружены различия в отношении СД, САД, ДП, ИФИ, А, Q, А/ЧСС А/ДП, Q/ЧСС, Q/ДП (см. табл. 2).

Различия между мальчиками с разным уровнем показателя W900 при работе с комфортной скоростью касались только величины САД, а с максимальной скоростью – СД (см. табл. 3).

Таким образом, мальчики-подростки 13–14 лет с хорошо развитой аэробной энергетикой скелетных мышц при выполнении напряженной когнитивной деятельности в целом характеризуются высокой эффективностью работы на фоне оптимально сниженного уровня неспецифической активации и повышенного адаптационного потенциала организма.

При изучении ФС школьников непосредственно в условиях современной информационно-образовательной среды до и после уроков также были обнаружены значимые ($p < 0,05–0,01$) различия, обусловленные уровнем развития аэробных возможностей организма.

Подростки с высоким уровнем физической работоспособности по тесту PWC₁₇₀ отличались от мальчиков с низким уровнем этого показателя большими величинами оценок по шкале «настроение» теста САН и коэффициента продуктивности Q (см. табл. 1).

Школьники, характеризующиеся высоким

уровнем максимального потребления кислорода, отличались от подростков с низким уровнем аэробных возможностей большими величинами оценок по шкалам «настроение» и «самочувствие» теста САН и коэффициента продуктивности Q (см. табл. 2).

У мальчиков, характеризующихся высоким уровнем показателя W900, до уроков отмечались повышенные значения оценок по шкале «активность» теста САН и более высокая продуктивность интеллектуальной деятельности (Q и А) по сравнению с нетренированными сверстниками (см. табл. 3).

Таким образом, подростки с развитой аэробной энергетикой в условиях учебного процесса в школе характеризуются повышенной продуктивностью когнитивной деятельности, высокими оценками показателей самочувствия, активности и настроения.

Полученные данные о том, что подростки 13–14 лет с высоким уровнем аэробных возможностей отличаются низкой активированностью в состоянии покоя и сдвигом вегетативного баланса в сторону преобладания тонуса парасимпатического отдела ВНС согласуются с результатами большого количества ранее опубликованных работ и не требуют отдельного обсуждения. Авторы ряда из этих исследований отмечают, что эти различия, отражающие изменения вегетативной регуляции у лиц с высокой аэробной работоспособностью, сочетаются обычно с усилением индивидуальной сопротивляемости стрессу [5, 20, 30, 36].

Важно отметить, что немногие из исследователей обращались к вопросу о том, как

влияет уровень аэробных возможностей на физиологические, психологические и поведенческие аспекты ФС детей при психосоциальном стрессе и напряженной познавательной деятельности. Тем не менее имеется ряд работ, в которых показано, что у детей с высоким уровнем аэробных возможностей психофизиологическая реактивность на «стандартную» стрессорную нагрузку снижена по сравнению с испытуемыми, проявляющими низкую аэробную работоспособность, а эффективность деятельности – повышена [9, 36, 47, 49, 53, 55, 57]. Снижение ответной реакции на психосоциальное воздействие отмечается в отношении нервной, нейроэндокринной и эндокринной осей стресса [30, 47]. Так, по мере повышения уровня физической работоспособности происходит уменьшение активности симпатической нервной системы и одновременное повышение тонуса парасимпатической. Благодаря чему нормализуется вегетативный гомеостаз и оптимизируется ФС [31, 36, 49, 53]. Существует гипотеза, что физическая активность аэробной направленности повышает пластичность нейронных сетей, регулирующих деятельность симпатической нервной системы. Ее автор полагает, что адекватная индивидуальным и возрастным особенностям занимающихся регулярная физическая активность уменьшает симпатическое возбуждение, снижая активацию нейронов в тех областях мозга, которые ответственны за регуляцию функций сердечно-сосудистой системы [43]. В целом психофизиологические реакции у лиц с высоким уровнем аэробных возможностей более экономичные: при «стандартном» стрессорном воздействии отмечается меньшее увеличение в плазме крови концентрации адреналина, норадреналина, АКТГ, кортизола [13, 30, 47]. Наблюдается также уменьшение сдвигов частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления, потребности миокарда в кислороде [30, 31, 36, 47]. Физиологическая сущность этих адаптационных изменений заключается в снижении избыточности стрессовых реакций [10, 11, 13]. Известно, что для лиц с хорошо развитой аэробной энергетикой характерно более совершенное функционирование механизмов регуляции активности организма, проявляющееся в повышении мощности и, одновременно экономичности реагирования стресс-реализующих и стресс-ограничивающих систем [11, 52].

Сопоставление показателей цены деятельности, отражающих соотношение результативности работы и сопровождающих ее психофизиологических сдвигов, показало, что между подростками с высоким и низким уровнем аэробной мощности отмечаются существенные различия в эффективности реализации напряженной когнитивной нагрузки. Используемые показатели эффективности у школьников с высокой аэробной производительностью были выше, а цена деятельности, соответственно, ниже. Полученные нами данные хорошо согласуются со сведениями, опубликованными в научной литературе. В ряде работ показано, что высокий уровень аэробной работоспособности и регулярное выполнение физических упражнений аэробной направленности влияют на структуры и функции мозга, повышают эффективность познавательной деятельности, способствуют улучшению академической успеваемости, совершенствованию когнитивных и психосоциальных характеристик детей [24, 25, 28, 29, 40, 42, 46, 56]. Однако отмечается, что во многих исследованиях взаимосвязь между рассматриваемыми параметрами была минимальной [40].

Сведения о том, что подростки с развитой аэробной энергетикой характеризуются высокими оценками показателей самочувствия, активности, настроения в сочетании с высокой эффективностью когнитивной деятельности соответствуют выводам других работ. Так, в исследованиях, посвященных изучению психологических аспектов ФС при стрессе, было обнаружено, что у детей с высокими аэробными возможностями отмечается низкий уровень тревожности и депрессии, более высокая самооценка и улучшенное настроение [26, 32, 37, 51]. Хорошая аэробная работоспособность обуславливает более быстрое восстановление продуктивности деятельности и возвращение к низким уровням ситуативной тревоги в постстрессовый период, уменьшение выраженности депрессии и нормализацию настроения [30, 57]. Материалы исследования косвенно подтверждают представление о том, что физическая нагрузка аэробного характера обладает мощным транквилизирующим эффектом [9, 23, 33, 34, 39, 45]. Предполагается, что в основе психопрофилактического влияния аэробных упражнений лежат несколько различных механизмов, анализ взаимодействия которых является одной из важнейших

задач будущих исследований в данной области [33, 45, 51]. Имеющиеся сведения позволяют предположить, что дети с высокой мощностью аэробной системы энергообеспечения мышечной деятельности характеризуются комплексом неспецифических многоуровневых адаптационных изменений ФС. Эти изменения приводят к тому, что один и тот же периферический эффект обеспечивается за счет меньшего напряжения центральных механизмов регуляции ФС при менее значительном выделении гормонов, медиаторов и регуляторных метаболитов в ответ на любые внешние воздействия, достигающие порогового уровня.

Поскольку неспецифические реакции реализуются при действии на человека широкого спектра «сильных» природных и социальных факторов, совершенствование их регуляции, происходящее в процессе адаптации к нагрузкам аэробной направленности, проявляется и в условиях повреждающих воздействий и неблагоприятных факторов. Увеличение мощности и экономичности неспецифических реакций организма обуславливает возрастание устойчивости не только к физическим нагрузкам аэробной направленности, но и к психосоциальным стрессорам и напряженной когнитивной деятельности. Вместе с тем важно подчеркнуть, что обнаруженные различия в уровне ФС могут быть обусловлены не только влиянием аэробной нагрузки, но и генетическими факторами, определяющими индивидуальные особенности аэробной производительности организма на каждом этапе развития в рамках наследственно детерминированной программы. Данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Необходимо также обратить внимание на выявленные различия в отношении степени полового созревания. Более высокая встречаемость среди подростков с высоким уровнем МПК мальчиков, находящихся на начальных этапах полового созревания, может свидетельствовать о влиянии темпов полового созревания не только на физические кондиции, но и функциональное состояние организма в условиях напряженной когнитивной деятельности.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что функциональное состояние подростков 13–14 лет в значительной степени зависит от уровня развития аэробных возможностей организма. Установлено, что мальчики с высокой мощностью аэробной системы энергообеспечения отли-

чаются от нетренированных сверстников сниженной активированностью в состоянии спокойного бодрствования и менее выраженными изменениями вегетативных показателей функционального состояния при напряженной когнитивной нагрузке на фоне высокого адаптационного потенциала организма. Они характеризуются повышенной эффективностью деятельности, высокими оценками показателей самочувствия, активности, настроения.

Важно отметить, что разные показатели мощности аэробного процесса в неодинаковой степени определяют особенности функционального состояния подростков, что, по-видимому, отражает системный характер аэробной производительности организма, элементы которой по-разному проявляют ее общие системные свойства.

Таким образом, уровень развития аэробной мощности можно рассматривать как фактор, детерминирующий изменения функционального состояния подростков в условиях напряженных когнитивных нагрузок. Эти данные принципиально важны для оптимизации процесса обучения на основе уменьшения психофизиологической цены, которую платят учащиеся за усвоение и приобретение знаний, средствами физического воспитания. Полученные результаты открывают новые перспективы направленного использования физических упражнений аэробного характера в целях профилактики и коррекции неблагоприятных изменений функционального состояния школьников в образовательных учреждениях.

В заключение необходимо отметить, что вопрос оптимизации функционального состояния, увеличения эффективности когнитивной деятельности и снижения ее психофизиологической цены на основе направленного развития аэробных возможностей организма требует дальнейшего исследования. Ключевой здесь является задача оценки влияния уровня развития аэробной мощности, емкости и эффективности на ФС школьников на разных этапах возрастного развития.

Работа поддержана грантом РФФИ (№ 16-06-00285а).

Литература

1. Альманах психологических тестов / под ред. Р.Р. Римского, С.А. Римской. – М.: КСП, 1995. – 400 с.

2. Баевский, Р.М. Основные принципы измерения уровня здоровья / Проблемы адаптации и учение о здоровье / Р.М. Баевский. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – С. 119–165.
3. Вегетативная дисфункция у детей и подростков / под ред. Л.В. Козловой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 96 с.
4. Волков, Н.И. Биоэнергетика спорта: моногр. / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М.: Совет. спорт, 2011. – 160 с.
5. Данилова, Н.Н. Психофизиология / Н.Н. Данилова. – М.: Аспект Пресс, 2012. – 372 с.
6. Демидов, В.А. Влияние повышенной двигательной активности на кардиогемодинамическую устойчивость подростков в условиях напряженной информационной нагрузки / В.А. Демидов, Д.Н. Мальцев, А.А. Мавлиев // Физиология человека. – 2008. – Т. 38, № 4. – С. 133–140.
7. Елисеев, О.П. Конструктивная типология и психодиагностика личности / О.П. Елисеев. – Псков: Изд-во Псков. обл. ин-та усовершенствования учителей, 1994. – 280 с.
8. Колесов, Д.В. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания / Д.В. Колесов, Н.Б. Сельверова. – М.: Педагогика, 1978. – 224 с.
9. Криволапчук, И.А. Эффективность использования физических упражнений для управления функциональным состоянием тревожных детей 6–8 лет / И.А. Криволапчук // Физиология человека. – 2011. – Т. 37, № 5. – С. 61–72.
10. Медведев, В.И. Адаптация человека / В.И. Медведев. – СПб.: Институт мозга РАН, 2003. – 584 с.
11. Меерсон, Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пиенникова. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
12. Микляева, А.В. Школьная тревожность: диагностика, профилактика, коррекция / А.В. Микляева, П.В. Румянцева. – СПб.: Речь, 2007. – 248 с.
13. Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки / Р. Мохан, М. Глессон, П.Л. Гринхафф. – Киев: Олимп. лит., 2001. – 295 с.
14. Мызников, И.Л. Оценка адаптивного поведения организма по гемодинамическим параметрам / И.Л. Мызников // Гигиена и санитария. – 1993. – № 1. – С. 62–63.
15. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та, 2009. – 432 с.
16. Рогов, В.И. Настольная книга практического психолога в образовании / В.И. Рогов. – М.: Владос, 1995. – 529 с.
17. Собчик, Л.Н. Метод цветowych выборов – модификация цветового теста Люшера / Л.Н. Собчик. – СПб.: Речь, 2006. – 128 с.
18. Сонькин, В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе / В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева. – М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
19. Сонькин, В.Д. Физическая работоспособность и энергообеспечение мышечной функции в постнатальном онтогенезе человека / В.Д. Сонькин // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 1–19.
20. Ульянинский, Л.С. Эмоциональный стресс и экстракардиальная регуляция / Л.С. Ульянинский // Физиол. журнал. – 1994. – Т. 80, № 2. – С. 23–33.
21. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та, 2010. – 768 с.
22. 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, no. 13. – P. 860–864. DOI: 10.1136/bjsports-2014-094491
23. Bibeau, W.S. Effects of acute resistance training of different intensities and rest periods on anxiety and affect / W.S. Bibeau, J.B. Moore, N.G. Mitchell, T. Vargas-Tonsing, J.B. Bartholomew // J Strength Cond Res. – 2010. – Vol. 24, no. 8. – P. 2184–2191.
24. Callaghan, P. Exercise: a neglected intervention in mental health care? / P. Callaghan // J. Psychiatric and Mental Health Nursing. – 2004. – No. 11. – P. 476–483.
25. Chaddock-Heyman, L. Aerobic fitness is associated with greater hippocampal cerebral blood flow in children / L. Chaddock-Heyman, K.I. Erickson, M.A. Chappell, C.L. Johnson et al. // Dev Cogn Neurosci. – 2016. – No. 20. – P. 52–58.
26. 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, no. 1. – P. 319–324.

27. Dahl, R.E. Heightened stress responsiveness and emotional reactivity during pubertal maturation: implications for psychopathology / R.E. Dahl, M.R. Gunnar // *Dev. Psychopathol.* – 2009. – Vol. 21, no. 1. – P. 1–6.
28. Donnelly, J.E. 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, no. 6. – P. 1223–1224.
29. Duncan, M. The effect of differing intensities of acute cycling on preadolescent academic achievement / M. Duncan, A. Johnson // *Eur J Sport Sci.* – 2013. – Vol. 14, no. 3. – P. 279–286.
30. Everly, G. *Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response* / G. Everly, J.A. Latin. – New York: Springer, 2013. – 486 p.
31. Forcier, K. Links between physical fitness and cardiovascular reactivity and recovery to psychological stressors: A metaanalysis / K. Forcier, L.R. Stroud, G.D. Papandonatos, B. Hitsman et al. // *Health Psychol.* – 2006. – Vol. 25, no. 6. – P. 723–739.
32. Gálvez Casas, A. Aerobic capacity, weight status and self-concept in schoolchildren / A. Gálvez Casas, P.L. Rodríguez García, A. Rosa Guillamón, E. García-Cantó, J.J. Pérez Soto, P. Tárraga López, L. Tárraga Marcos // *Clin Investig Arterioscler.* – 2016. – Vol. 28, no. 1. – P. 3–8.
33. Guszowska, M. State/trait anxiety and anxiolytic effects of acute physical exercises / M. Guszowska // *Biomedical Human Kinetics.* – 2009. – Vol. 1 – P. 6–10.
34. Hale, B.S. State anxiety responses to 60 minutes of cross training / B.S. Hale, K.R. Koch, J.S. Raglin // *Br. J. Sports Med.* – 2002. – Vol. 36. – P. 105–107.
35. Hare, T.A. Biological substrates of emotional reactivity and regulation in adolescence during an emotional go-nogo task / T.A. Hare, N. Tottenham, A. Galvan et al. // *Biol. Psychiatry.* – 2008. – Vol. 63, no. 10. – P. 927–934.
36. Huang, C.J. Cardiovascular reactivity, stress, and physical activity / C.J. Huang, H.E. Webb, M.C. Zourdos, E.O. Acevedo // *Front Physiol.* – 2013. – Vol. 7, no. 4. – P. 314–318.
37. Kirkcaldy, B.D. The relationship between physical activity and self-image and problem behaviour among adolescents / B.D. Kirkcaldy, R.J. Shephard, R.G. Siefen // *Soc. Psychiatry Psychiatr. Epidemiol.* – 2002. – Vol. 37, no. 11. – P. 544–550.
38. Krivolapchuk, I.A. Physical performance and psychophysiological reactivity of 7–8 year-old children to different types of exercise / I.A. Krivolapchuk, M.B. Chernova // *Medicina dello Sport.* – 2012. – Vol. 65, no. 2. – P. 173–185.
39. Lau, P.W.C. The physiological and psychological effects of resistance training on Chinese obese adolescents / P.W.C. Lau, C.W. Yu, A.M. Lee, R.Y.T. Sung // *J. Exercise Science and Fitness.* – 2004. – Vol. 2, no. 2. – P. 115–120.
40. Lees, G. Effect of Aerobic Exercise on Cognition, Academic Achievement, and Psychosocial Function in Children: A Systematic Review of Randomized Control Trials / G. Lees, J. Hopkins // *Prev Chronic Dis.* – 2013. – Vol. 10. – E174.
41. Low, C.A. Chronic life stress, cardiovascular reactivity, and subclinical cardiovascular disease in adolescents / C.A. Low, K. Salomon, K.A. Matthews // *Psychosom. Med.* – 2009. – Vol. 71, no. 9. – P. 927–931.
42. Mahar, M.T. Effects of a classroom-based program on physical activity and on-task behavior / M.T. Mahar, S.K. Murphy, D.A. Rowe, J. Golden, A.T. Shields, T.D. Raedeke // *Med Sci Sports Exerc.* – 2006. – Vol. 38, no. 12. – P. 2086–2094.
43. Mueller, P.J. Physical (in) activity-dependent alterations at the rostral ventrolateral medulla: influence on sympathetic nervous system regulation / P.J. Mueller // *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* – 2010. – Vol. 298, no. 6. – P. 1468–1474.
44. Norris, R. The effects of aerobic and anaerobic training on fitness, blood pressure, and psychological stress and well-being / R. Norris, D. Carroll, R. Cochrane // *J. Psychosom.* – 1990. – Vol. 34, no. 4. – P. 367–375.
45. Petruzzello, S.J. A meta-analysis on the anxiety-reducing effects of acute and chronic exercise. Outcomes and mechanisms / S.J. Petruzzello, D.M. Landers, B.D. Hatfield et al. // *Sports Med.* – 1991 – Vol. 11, no. 3. – P. 143–182.
46. Reed, J. Affective responses of physically active and sedentary individuals during and after moderate aerobic exercise / J. Reed, K.E. Berg, R.W. Latin, J.P. La Voie // *J Sports Med Phys Fitness.* – 1998. – Vol. 38, no. 3. – P. 272–278.
47. Reims, H.M. Adrenaline during mental

- stress in relation to fitness, metabolic risk factors and cardiovascular responses in young men / H.M. Reims, K. Sevre, E. Fossum, H. Mellem, I.K. Eide, S.E. Kjeldsen // *Blood Press.* – 2005. – Vol. 14, no. 4. – P. 217–226.
48. Ribeiro, M.M. Diet and exercise training restore blood pressure and vasodilatory responses during physiological maneuvers in obese children / M.M. Ribeiro, A.G. Silva, N.S. Santos et al. // *Circulation.* – 2005. – Vol. 111, no. 15. – P. 1915–1923.
49. Rimmele, U. The level of physical activity affects adrenal and cardio / U. Rimmele, R. Seiler, B. Marti et al. // *Psychoneuroendocrinology.* – 2009. – Vol. 34, no. 2. – P. 190–198.
50. Roemmich, J.N. 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, no. 4. – P. 852.
51. Sheinbein, S.T. Psychosocial Mediators of the Fitness-Depression Relationship Within Adolescents / T.A. Petrie, S. Martin, C.A. Greenleaf // *J Phys Act Health.* 2016. – Vol. 13, no. 7. – P. 719–725.
52. Sothmann, M.S. The cross-stressor adaptation hypothesis and exercise training / M.S. Sothmann // *Psychobiology of physical activity* / Eds. E.O. Acevedo & P. Ekkekakis. – Champaign: Human Kinetics Publishers, 2006. – P. 152–154.
53. Spalding, T.W. Aerobic exercise training and cardiovascular reactivity to psychological stress in sedentary young normotensive men and women / T.W. Spalding, L.A. Lyon, D.H. Steel, B.D. Hatfield // *Psychophysiology.* – 2004. – Vol. 41, no. 4. – P. 552–562.
54. Spear, L.P. Heightened stress reactivity and emotional reactivity during pubertal maturation: Implications for psychopathology / L.P. Spear // *Dev. Psychopathol.* – 2009. – Vol. 21, no. 1. – P. 87–97.
55. Steptoe, A. Cardiovascular activity during mental stress following vigorous exercise in sportsmen and inactive men / A. Steptoe, N. Kearsley, N. Walters // *Psychophysiology.* – 1993. – Vol. 30, no. 3. – P. 245–252.
56. Telford, R.D. Physical education, obesity, and academic achievement: a 2-year longitudinal investigation of Australian elementary school children / R.D. Telford, R.B. Cunningham, R. Fitzgerald et al. // *Am J Public Health.* – 2012. – Vol. 102, no. 2. – P. 368–374.
57. Wasley, D. Influence of fitness and physical activity on cardiovascular reactivity to musical performance / D. Wasley, A. Taylor, K. Backx, A. Williamon // *Work.* – 2012. – Vol. 41, no. 1. – P. 27–32.

Криволапчук Игорь Альерович, доктор биологических наук, заведующий лабораторией физиологии мышечной деятельности и физического воспитания, Институт возрастной физиологии Российской академии образования, 119121, г. Москва, ул. Погодинская, 8, корп. 2; профессор кафедры физической культуры и здоровья, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049, г. Москва, Ленинский проспект, 4. E-mail: i.krivolapchuk@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8628-6924.

Сухецкий Валерий Константинович, старший преподаватель кафедры спортивных дисциплин, Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы». Республика Беларусь, 230023, г. Гродно, ул. Ожешко, 22. E-mail: vsukhetski@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5710-3583.

Чернова Мария Борисовна, кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии мышечной деятельности и физического воспитания, Институт возрастной физиологии Российской академии образования. 119121, г. Москва, ул. Погодинская, 8, корп. 2. E-mail: mashacernova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1253-9842.

Поступила в редакцию 20 июня 2018 г.

FUNCTIONAL STATE OF ADOLESCENTS DURING COGNITIVE ACTIVITY DEPENDING ON AEROBIC POWER

I.A. Krivolapchuk^{1,2}, i.krivolapchuk@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8628-6924,
V.K. Sukhetskiy³, vsukhetski@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5710-3583,
M.B. Chernova¹, mashacernova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1253-9842

¹Institute of Developmental Physiology of the Russian Academy of Education, Moscow, Russian Federation

²National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russian Federation,

³Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus

Aim. The aim of this article is to reveal the features of functional state in adolescent school students characterized by the high and low level of aerobic power development. **Materials and methods.** We examined 162 male pupils aged 13–14 belonging to the main medical group. We used a variety of indicators characterizing physiological, psychological and behavioral aspects of the functional state of the body. As informative integral indicators of the maximum power of aerobic process we used maximum oxygen consumption, PWC₁₇₀ test and load power with a maximum time for the load performed of 900 sec (W900). As a result of statistical processing we divided all participants from the sample studied into 3 groups depending on the level of aerobic capacities of the body. **Results.** The results obtained demonstrate that the functional state of adolescents aged 13–14 significantly depend on the development of aerobic capacities of the body. We established that boys with a powerful aerobic system of energy supply differ from untrained peers by the decreased activity at quiet wakefulness and less pronounced changes in vegetative indicators of functional state under intense cognitive load against a high adaptation potential of the body. They are characterized by the increased effectiveness of the activity combined with the high scores of well-being, activity and mood assessment. **Conclusion.** The level of aerobic power can be considered as a factor determining the changes in adolescents' functional state under intense cognitive load.

Keywords: aerobic power; physiological, psychological and behavioral aspects of functional state; effectiveness of cognitive activity; adolescents.

References

1. Rimskiy R.R., Rimskaya S.A. *Al'manakh psikhologicheskikh testov* [Almanac of Psychological Tests]. Moscow, KSP Publ., 1995. 400 p.
2. Bayevskiy R.M. [Basic Principles for Measuring Health Level]. *Problemy adaptatsii i ucheniye o zdorov'ye* [Adaptation Problems and Health Doctrine], 2006, pp. 119–165. (in Russ.)
3. Kozlova L.V. *Vegetativnaya disfunktsiya u detey i podrostkov* [Vegetative Dysfunction in Children and Adolescents]. Moscow, GEOTAR – Media Publ., 2008. 96 p.
4. Volkov N.I., Oleynikov V.I. *Bioenergetika sporta: Monografiya* [Bioenergetics of Sports. Monograph]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2011. 160 p.
5. Danilova N.N. *Psikhofiziologiya* [Psychophysiology]. Moscow, Aspect Press Publ., 2012. 372 p.
6. Demidov V.A., Mal'tsev D.N., Mavliyev A.A. [Influence of Increased Motor Activity on Cardiohemodynamic Resistance of Adolescents Under Conditions of Intense Information Load]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 2008, vol. 38, no. 4, pp. 133–140. (in Russ.)
7. Eliseyev O.P. *Konstruktivnaya tipologiya i psikhodiagnostika lichnosti* [Constructive Typology and Psychodiagnosics of Personality]. Pskov, Pskov Regional Institute of Improvement of Teachers Publ., 1994. 280 p.
8. Kolesov D.V., Sel'verova N.B. *Fiziologo-pedagogicheskiye aspekty polovogo sozrevaniya* [Physiological and Pedagogical Aspects of Puberty]. Moscow, Pedagogika Publ., 1978. 224 p.
9. Krivolapchuk I.A. [Efficiency of Using Physical Exercises to Manage the Functional State of Anxious Children 6–8 Years Old]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 2011, vol. 37, no. 5, pp. 61–72. (in Russ.)

10. Medvedev V.I. *Adaptatsiya cheloveka* [Adaptation Rights]. St. Petersburg, The Brain Institute of the Russian Academy of Sciences Publ., 2003. 584 p.
11. Meyerson F.Z., Pshennikova M.G. *Adaptatsiya k stressornym situatsiyam i fizicheskim nagruzkam* [Adaptation to Stressful Situations and Physical Loads]. Moscow, Medicine Publ., 1988. 256 p.
12. Miklyayeva A.V., Rummyantseva P.V. *Shkol'naya trevozhnost': diagnostika, profilaktika, korektsiya* [School Anxiety. Diagnosis, Prevention, Correction]. St. Petersburg, Speech Publ., 2007. 248 p.
13. Mokhan R., Glesson M., Grinkhaff P.L. *Biokhimiya myshechnoy deyatel'nosti i fizicheskoy trenirovki* [Biochemistry of Muscular Activity and Physical Training]. Kiev, Olympic Literature Publ., 2001. 295 p.
14. Myznikov I.L. [Evaluation of Adaptive Behavior of the Organism According to Hemodynamic Parameters]. *Gigiyena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation], 1993, no. 1, pp. 62–63. (in Russ.)
15. Farber D.A., Bezrukikh M.M. *Razvitiye mozga i formirovaniye poznavatel'noy deyatel'nosti rebenka* [Development of the Brain and the Formation of Cognitive Activity of the Child]. Moscow, Moscow Psychological and Social Institute Publ., 2009. 432 p.
16. Rogov V.I. *Nastol'naya kniga prakticheskogo psikhologa v obrazovanii* [Handbook of Practical Psychologist in Education]. Moscow, Vldos Publ., 1995. 529 p.
17. Sobchik L.N. *Metod tsvetovykh vyborov – modifikatsiya tsvetovogo testa Lyushera* [Method of Color Choices – a Modification of the Color Test of Lusher]. St. Petersburg, Speech Publ., 2006. 128 p.
18. Son'kin V.D., Tambovtseva R.V. *Razvitiye myshechnoy energetiki i rabotosposobnosti v ontogeneze* [Development of Muscular Energy and Working Capacity in Ontogenesis]. Moscow, LIBROKOM Publ., 2011. 368 p.
19. Son'kin V.D. [Physical Working Capacity and Energy Supply of Muscular Function in Postnatal Ontogenesis of a Person]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 2007, vol. 33, no. 3, pp. 1–19. (in Russ.)
20. Ul'yaninskiy L.S. [Emotional Stress and Extracardiac Regulation]. *Fiziologicheskii zhurnal* [Physiological Journal], 1994, vol. 80, no. 2, pp. 23–33. (in Russ.)
21. Bezrukikh M.M., Farber D.A. *Fiziologiya razvitiya rebenka: Rukovodstvo po vozrastnoy fiziologii* [Physiology of Child Development. A Guide to Age Physiology]. Moscow, Moscow Psychological and Social Institute Publ., 2010. 768 p.
22. Armstrong N., Barker A.R., McManus A.M. Muscle Metabolism Changes with Age and Maturation: How do they Relate to Youth Sport Performance? *Br J Sports Med.*, 2015, vol. 49, no. 13, pp. 860–864. DOI: 10.1136/bjsports-2014-094491
23. Bibeau W.S., Moore J.B., Mitchell N.G., Vargas-Tonsing T., Bartholomew J.B. Effects of Acute Resistance Training of Different Intensities and Rest Periods on Anxiety and Affect. *J Strength Cond Res.*, 2010, vol. 24, no. 8, pp. 2184–2191. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181ae794b
24. Callaghan P. Exercise: a Neglected Intervention in Mental Health Care? *J. Psychiatric and Mental Health Nursing*, 2004, no. 11, pp. 476–483. DOI: 10.1111/j.1365-2850.2004.00751.x
25. Chaddock-Heyman L., Erickson K.I., Chappell M.A., Johnson C.L. et al. Aerobic Fitness is Associated with Greater Hippocampal Cerebral Blood Flow in Children. *Dev Cogn Neurosci.*, 2016, no. 20, pp. 52–58. DOI: 10.1016/j.dcn.2016.07.001
26. Crews D.J., Lochbaum M.R., Landers D.M. Aerobic Physical Activity Effects on Psychological Well-Being in Low-Income Hispanic Children. *Percept Mot Skills*, 2004, vol. 98, no. 1, pp. 319–324. DOI: 10.2466/pms.98.1.319-324
27. Dahl R.E., Gunnar M.R. Heightened Stress Responsiveness and Emotional Reactivity During Pubertal Maturation: Implications for Psychopathology. *Dev. Psychopathol.*, 2009, vol. 21, no. 1, pp. 1–6. DOI: 10.1017/S0954579409000017
28. Donnelly J.E., Hillman C.H., Castelli D., Etnier J.L., Lee S., Tomporowski P., Lambourne K., Szabo-Reed A.N. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc.*, 2016, vol. 48, no. 6, pp. 1223–1224. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000966
29. Duncan M., Johnson A. The Effect of Differing Intensities of Acute Cycling on Preadolescent Academic Achievement. *Eur J Sport Sci.*, 2013, vol. 14, no. 3, pp. 279–286. DOI: 10.1080/17461391.2013.802372

30. Everly G., Latin J.A. *Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response*. New York: Springer, 2013. 486 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-5538-7
31. Forcier K., Stroud L.R., Papandonatos G.D., Hitsman B. et al. Links Between Physical Fitness and Cardiovascular Reactivity and Recovery to Psychological Stressors: A Metaanalysis. *Health Psychol.*, 2006, vol. 25, no. 6, pp. 723–739. DOI: 10.1037/0278-6133.25.6.723
32. Gálvez Casas A., Rodríguez García P.L., Rosa Guillamón A., García-Cantó E., Pérez Soto J.J., Tárraga López P., Tárraga Marcos L. Aerobic Capacity, Weight Status and Self-Concept in Schoolchildren. *Clin Investig Arterioscler.*, 2016, vol. 28, no. 1, pp. 3–8.
33. Guszowska M. State/Trait Anxiety and Anxiolytic Effects of Acute Physical Exercises. *Biomedical Human Kinetics*, 2009, vol. 1, pp. 6–10. DOI: 10.2478/v10101-009-0003-0
34. Hale B.S., Koch K.R., Raglin J.S. State Anxiety Responses to 60 Minutes of Cross Training. *Br. J. Sports Med.*, 2002, vol. 36, pp. 105–107. DOI: 10.1136/bjism.36.2.105
35. Hare T.A., Tottenham N., Galvan A. et al. Biological Substrates of Emotional Reactivity and Regulation in Adolescence During an Emotional Go-nogo Task. *Biol. Psychiatry*, 2008, vol. 63, no. 10, pp. 927–934. DOI: 10.1016/j.biopsych.2008.03.015
36. Huang C.J., Webb H.E., Zourdos M.C., Acevedo E.O. Cardiovascular Reactivity, Stress, and Physical Activity. *Front Physiol.*, 2013, vol. 7, no. 4, pp. 314–318. DOI: 10.3389/fphys.2013.00314
37. Kirkcaldy B.D., Shephard R.J., Siefen R.G. The Relationship Between Physical Activity and Self-Image and Problem Behaviour Among Adolescents. *Soc. Psychiatry Psychiatr.Epidemiol.*, 2002, vol. 37, no. 11, pp. 544–550. DOI: 10.1007/s00127-002-0554-7
38. Krivolapchuk I.A., Chernova M.B. Physical Performance and Psychophysiological Reactivity of 7–8 Year-Old Children to Different Types of Exercise. *Medicina Dello Sport*, 2012, vol. 65, no. 2, pp. 173–185.
39. Lau P.W.C., Yu C.W., Lee A.M., Sung R.Y.T. The Physiological and Psychological Effects of Resistance Training on Chinese Obese Adolescents. *J. Exercise Science and Fitness*, 2004, vol. 2, no. 2, pp. 115–120.
40. Lees G., Hopkins J. Effect of Aerobic Exercise on Cognition, Academic Achievement, and Psychosocial Function in Children: A Systematic Review of Randomized Control Trials. *Prev Chronic Dis.*, 2013, vol. 10, E174. DOI: 10.5888/pcd10.130010
41. Low C.A., Salomon K., Matthews K.A. Chronic Life Stress, Cardiovascular Reactivity, and Subclinical Cardiovascular Disease in Adolescents. *Psychosom. Med.*, 2009, vol. 71, no. 9, pp. 927–931. DOI: 10.1097/PSY.0b013e3181ba18ed
42. Mahar M.T., Murphy S.K., Rowe D.A., Golden J., Shields A.T., Raedeke T.D. Effects of a Classroom-Based Program on Physical Activity and On-Task Behavior. *Med Sci Sports Exerc.*, 2006, vol. 38, no. 12, pp. 2086–2094. DOI: 10.1249/01.mss.0000235359.16685.a3
43. Mueller P.J. Physical (in) Activity-Dependent Alterations at the Rostral Ventrolateral Medulla: Influence Onsympathetic Nervous System Regulation. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.*, 2010, vol. 298, no. 6, pp. 1468–1474. DOI: 10.1152/ajpregu.00101.2010
44. Norris R., Carroll D., Cochrane R. The Effects of Aerobic and An-Aerobic Training on Fitness, Blood Pressure, and Psychological Stress and Well-Being. *J. Psychosom.*, 1990, vol. 34, no. 4, pp. 367–375. DOI: 10.1016/0022-3999(90)90060-H
45. Petruzzello S.J., Landers D.M., Hatfield B.D. et al. A Meta-Analysis on the Anxiety-Reducing Effects of Acute and Chronic Exercise. Outcomes and Mechanisms. *Sports Med.*, 1991, vol. 11, no. 3, pp. 143–182. DOI: 10.2165/00007256-199111030-00002
46. Reed J., Berg K.E., Latin R.W., La Voie J.P. Affective Responses of Physically Active and Sedentary Individuals During and After Moderate Aerobic Exercise. *J Sports Med Phys Fitness*, 1998, vol. 38, no. 3, pp. 272–278.
47. Reims H.M., Sevre K., Fossum E., Mellem H., Eide I.K., Kjeldsen S.E. Adrenaline During Mental Stress in Relation to Fitness, Metabolic Risk Factors and Cardiovascular Responses in Young Men. *Blood Press.*, 2005, vol. 14, no. 4, pp. 217–226. DOI: 10.1080/08037050510034275
48. Ribeiro M.M., Silva A.G., Santos N.S. et al. Diet and Exercise Training Restore Blood Pressure and Vasodilatory Responses During Physiological Maneuvers in Obese Children. *Circulation*, 2005, vol. 111, no. 15, pp. 1915–1923. DOI: 10.1161/01.CIR.0000161959.04675.5A

49. Rimmele U., Seiler R., Marti B. et al. The Level of Physical Activity Affects Adrenal and Cardio. *Psychoneuroendocrinology*, 2009, vol. 34, no. 2, pp. 190–198. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2008.08.023
50. Roemmich J.N., Lambiase M., Salvy S.J., Horvath P.J. Protective Effect of Interval Exercise on Psychophysiological Stress Reactivity in Children. *Psychophysiology*, 2009, vol. 46, no. 4, p. 852.
51. Sheinbein S.T., Petrie T.A., Martin S., Greenleaf C.A. Psychosocial Mediators of the Fitness-Depression Relationship Within Adolescents. *J Phys Act Health.*, 2016, vol. 13, no. 7, pp. 719–725. DOI: 10.1123/jpah.2015-0127
52. Sothmann M.S., Acevedo E.O., Ekkekakis P. The Cross-Stressor Adaptation Hypothesis and Exercise Training. *Psychobiology of Physical Activity*, Champaign: Human Kinetics Publishers, 2006, pp. 152–154.
53. Spalding T.W., Lyon L.A., Steel D.H., Hatfield B.D. Aerobic Exercise Training and Cardiovascular Reactivity to Psychological Stress in Sedentary Young Normotensive Men and Women. *Psychophysiology*, 2004, vol. 41, no. 4, pp. 552–562. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2004.00184.x
54. Spear L.P. Heightened Stress Responsivity and Emotional Reactivity During Pubertal Maturation: Implications for Psychopathology. *Dev. Psychopathol.*, 2009, vol. 21, no. 1, pp. 87–97. DOI: 10.1017/S0954579409000066
55. Steptoe A., Kearsley N., Walters N. Cardiovascular Activity During Mental Stress Following Vigorous Exercise in Sportsmen and Inactive Men. *Psychophysiology*, 1993, vol. 30, no. 3, pp. 245–252. DOI: 10.1111/j.1469-8986.1993.tb03350.x
56. Telford R.D., Cunningham R.B., Fitzgerald R. et al. Physical Education, Obesity, and Academic Achievement: a 2-Year Longitudinal Investigation of Australian Elementary School Children. *Am J Public Health.*, 2012, vol. 102, no. 2, pp. 368–374. DOI: 10.2105/AJPH.2011.300220
57. Wasley D., Taylor A., Backx K., Williamon A. Influence of Fitness and Physical Activity on Cardiovascular Reactivity to Musical Performance. *Work*, 2012, vol. 41, no. 1, pp. 27–32.

Received 20 June 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

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. – Т. 18, № 3. – С. 16–29. DOI: 10.14529/hsm180302

FOR CITATION

Krivilapchuk I.A., Sukhetskiy V.K., Chernova M.B. Functional State of Adolescents During Cognitive Activity Depending on Aerobic Power. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 16–29. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm180302