

Научная статья

УДК 612.13 + 612.821.2 + 796.015

DOI: 10.15293/1813-4718.2404.09

Кардиологическая и психофизиологическая реакция школьников с разными типами центральной гемодинамики на продолжительную физическую нагрузку

Рязанцев Андрей Игоревич¹, Гребенникова Ирина Николаевна¹

¹Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. В настоящей работе рассмотрены вопросы оптимизации построения урока оздоровительной физической культуры путем дифференцирования нагрузки на основе данных о физической подготовленности обучающихся. Также затрагивается вопрос ответа стресс-реализующих систем школьников на выполняемую физическую работу.

Цель исследования – изучение кардиологической и психофизиологической реакции школьников с разными типами центральной гемодинамики на продолжительную физическую нагрузку.

Методология. В процессе исследования были изучены кардиологические и психофизиологические показатели 74 обучающихся мужского пола в возрасте 12–13 лет. В выборку попадали только практически здоровые лица, неотягощенные тяжелыми хроническими и острыми заболеваниями. Все обучающиеся были разделены на три группы по физической подготовленности (на основе результатов пробы PWC170) и три подгруппы по типу центральной гемодинамики (по Н. Н. Савишкому: гипокинетический, эукинетический, гиперкинетический). Оценивалась реакция пульса и внимания на беговую нагрузку разной продолжительности с отличными интервалами отдыха.

Заключение. Полученные результаты указывают на разную реакцию школьников с разным типом центральной гемодинамики на продолжительную физическую нагрузку: гипокинетический тип имел стабильные значения пульса во время нагрузки, лучшее восстановление после нагрузки и наименьшее снижение внимания по тесту Б. Бурдона; гиперкинетический тип, напротив, имел нестабильную динамику пульса во время нагрузки, наименьшую скорость восстановления пульса и выраженное снижение внимания. Эукинетический тип имел средние показатели по всем тестам. Результаты исследования могут быть использованы в качестве инструмента для оптимизации методики построения учебно-воспитательного процесса за счет наиболее эффективного дозирования нагрузки.

Ключевые слова: школьники; физическая культура; физическая нагрузка; центральная гемодинамика; внимание; типологизация; оптимизация урока

Для цитирования: Рязанцев А. И., Гребенникова И. Н. Кардиологическая и психофизиологическая реакция школьников с разными типами центральной гемодинамики на продолжительную физическую нагрузку // Сибирский педагогический журнал. – 2024. – № 4. – С. 86–97. DOI: <https://doi.org/10.15293/1813-4718.2404.09>

Финансирование: работа выполнена в рамках проекта «Оптимизация методики занятий по оздоровительной физической культуре», который реализуется при финансовой поддержке Министерства просвещения РФ в условиях государственного задания № 073-03-2024-052 от 18.01.2024 г.

Scientific article

Cardiological and Psychophysiological Reaction of Schoolchildren with Different Types of Central Hemodynamics to Prolonged Physical Activity

Andrey I. Ryazantsev¹, Irina N. Grebennikova¹

¹ Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The present paper considers the issues of optimizing the construction of a lesson of recreational physical education by differentiating the load on the basis of data on the physical fitness of students. It also touches upon the question of the response of stress-realizing systems of schoolchildren to the physical work performed.

The aim of the study is to investigate the cardiological and psychophysiological response of schoolchildren with different types of central hemodynamics to prolonged physical workload.

Methodology. Cardiological and psychophysiological parameters of 74 male students aged 12–13 years were studied. The sample included only practically healthy individuals without severe chronic and acute diseases. All students were divided into three groups by physical fitness (based on the results of the PWC170 test) and three subgroups by the type of central hemodynamics (according to N.N. Savitsky: hypokinetic, eukinetic, hyperkinetic). Heart rate and attention response to running exercise of different durations with excellent rest intervals and response were evaluated.

Conclusion. The results obtained indicate different reactions of schoolchildren with different types of central hemodynamics to prolonged physical load: the hypokinetic type had stable heart rate values during the load, better recovery after the load and the least decrease in attention according to the B. Bourdon test. The hyperkinetic type, on the contrary, had unstable dynamics of heart rate during exercise, the lowest rate of heart rate recovery and a pronounced decrease in attention. The eukinetic type had average performance on all tests. The results of the study can be used as a tool to optimize the methodology of the educational process through the most effective dosing of the load.

Keywords: schoolchildren; physical education; physical activity; central hemodynamics; attention; typologization; lesson optimization

For citation: Ryazantsev, A. I., Grebennikova, I. N., 2024. Cardiological and psychophysiological reaction of schoolchildren with different types of central hemodynamics to prolonged physical activity. *Siberian Pedagogical Journal*, no. 4, pp. 86–97. DOI: <https://doi.org/10.15293/1813-4718.2404.09>

Financing: the work was carried out within the framework of the project “Optimization of the methodology of physical fitness classes”, which is implemented with the financial support of the Ministry of Education of the Russian Federation in the conditions of state assignment No. 073-03-2024-052 dated 01/18/2024.

Введение. В последние десятилетия одним из главных показателей здоровья человека считается его способность к адаптации [1–3]. Ряд авторов отмечает, что

здоровье состоит не только из фактических показателей, таких как длина тела, масса тела, концентрация гемоглобина, уровень pH, частота сердечных сокращений, арте-

риальное давление и т. п., но и из показателей возможности человеческого организма реактивно и адекватно отвечать на экзо- и эндогенные изменения, в том числе на повышенную умственную или физическую нагрузку [4; 5].

Проблематика сохранения здоровья человека также тесно связана с индивидуальной устойчивостью организма, то есть с конституциональными особенностями. Под последними понимается совокупность генетически, экологически и гигиенически детерминированных характеристик организма [6; 7]. В этот ряд попадают и особенности центральной гемодинамики. Существуют работы, показывающие, что тип кровообращения имеет тесную связь с физической подготовленностью и некоторыми соматическими параметрами [1; 7; 8].

Состояние центральной гемодинамики зависит от большого числа параметров, однако наибольший вклад в регуляцию кровообращения вносят морфометрия миокарда, вегетативный и гуморальный гомеостаз [9]. Благоприятной стратегией адаптации кровообращения считается наиболее экономное использование резервов миокарда в фоне и достижение максимальной функции в нагрузке за счет улучшения состояния сердечной мышцы и эндотелия сосудов, а также за счет совершенствования вегетативной и гуморальной регуляции [10].

В физическом воспитании школьников большую роль играет оптимизация построения учебно-воспитательного процесса. Типологизация школьников и разделение их на группы и подгруппы для наиболее эффективного и рационального дозирования нагрузки является одной из сторон вышеупомянутой оптимизации учебно-воспитательного процесса. Так, деление обучающихся по уровню физической подготовленности или по типу центральной гемодинамики может оказать существенное влияние на продуктивность уроков физической культуры (ФК).

Цель исследования – изучение кардиологической и психофизиологической реакции школьников с разными типами центральной гемодинамики на продолжительную физическую нагрузку.

Методология. В процессе проведения эксперимента было обследовано 74 мальчика 12–13 лет, обучающихся в общеобразовательных школах в 6–7 классах. В выборку попадали практически здоровые обучающиеся. Возрастные и антропометрические данные испытуемых представлены в таблице 1.

Для оптимизации процесса физического воспитания на уроке ФК в школе был применен дифференцированный способ дозирования физической нагрузки в соответствии с функциональными резервами и адаптационными возможностями организма обучающихся. Уровень физической подготовленности школьников определялся по тесту PWC_{170} . Состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) оценивали по частоте сердечных сокращений (ЧСС) при выполнении стандартной степ-эргометрической нагрузки. Мощность первой нагрузки составляла 6 кгм/мин/кг, а мощность второй нагрузки – 12 кгм/мин на 1 кг массы тела. Продолжительность первой и второй нагрузки составляла 3 минуты. Регистрация ЧСС осуществлялась при помощи пульсометра Verity Sense фирмы Polar. Для определения PWC_{170} использовалась формула В. Л. Карпмана [11]. Определяли как абсолютную, так и относительную величину физической подготовленности (ФП).

В соответствии с полученными данными PWC_{170} все обследованные школьники распределялись на три группы: I группа – обучающиеся с уровнем ФП $PWC_{170} > 14,0$ кгм/мин/кг; II группа – обучающиеся с уровнем ФП $8,0 < PWC_{170} < 14,0$ кгм/мин/кг; III группа – обучающиеся с уровнем ФП $PWC_{170} < 8,0$ кгм/мин/кг.

Для повышения уровня ФП на уроке ФК был использован фартлек (чередование

беговой нагрузки и ходьбы в строго регламентированных пропорциях). Обучающиеся, вошедшие в I группу, выполняли самую сложную нагрузку: 3 цикла $\times$ (5 минут бег + 1 минута ходьба); обучающиеся II группы выполняли среднюю нагрузку: 6 циклов $\times$ (2 минуты бег + 1 минута ходьба); III группа выполняла наименьшую нагрузку:

9 циклов $\times$ (1 минута бег + 1 минута ходьба). Бег у всех обучающихся регламентировался их самочувствием и ощущением нагрузки, то есть усилия, прикладываемые обучающимися, должны были составлять около 3/4 от максимума. Полезное время работы (суммарно бег + ходьба) было сопоставимо.

Таблица 1

Возрастные и антропометрические данные школьников с разным уровнем физической работоспособности и разным типом центральной гемодинамики

Тип гемодинамики	Возраст, лет	Класс, у.е.	Длина тела, см	Масса тела, кг	Площадь поверхности тела, м ²
I группа ($PWC_{170} > 14,0$ кгм/мин/кг)					
Гипокинетический ($n = 10$)	$12,60 \pm 0,17$	$6,30 \pm 0,16$	$167,80 \pm 1,17$	$59,92 \pm 1,37$	$1,67 \pm 0,02$
Эукинетический ($n = 11$)	$12,55 \pm 0,17$	$6,36 \pm 0,16$	$165,09 \pm 1,23$	$55,08 \pm 1,91$	$1,59 \pm 0,03$
II группа ($8,0 < PWC_{170} < 14,0$ кгм/мин/кг)					
Гипокинетический ($n = 9$)	$12,56 \pm 0,19$	$6,56 \pm 0,19$	$167,33 \pm 1,94$	$58,63 \pm 1,27$	$1,65 \pm 0,05$
Эукинетический ($n = 8$)	$12,38 \pm 0,35$	$6,38 \pm 0,28$	$164,69 \pm 2,97$	$55,21 \pm 2,60$	$1,59 \pm 0,05$
Гиперкинетический ($n = 8$)	$12,25 \pm 0,17$	$6,25 \pm 0,17$	$164,69 \pm 2,93$	$56,70 \pm 2,41$	$1,61 \pm 0,05$
III группа ($PWC_{170} < 8,0$ кгм/мин/кг)					
Гипокинетический ($n = 8$)	$12,38 \pm 0,20$	$6,38 \pm 0,20$	$166,94 \pm 2,18$	$60,43 \pm 1,73$	$1,67 \pm 0,03$
Эукинетический ($n = 9$)	$12,44 \pm 0,19$	$6,44 \pm 0,19$	$167,06 \pm 2,70$	$59,78 \pm 1,87$	$1,67 \pm 0,04$
Гиперкинетический ($n = 11$)	$12,45 \pm 0,17$	$5,45 \pm 0,17$	$167,51 \pm 1,53$	$59,49 \pm 1,11$	$1,66 \pm 0,02$

Примечание. Обозначены статистически значимые отличия ($p \leq 0,05$) от величин соответствующих показателей: * – гипокинетический тип, ^ – эукинетический тип

Для изучения кардиологических и психофизиологических особенностей обучающихся с разным типом центральной гемодинамики в каждой группе были выделены три подгруппы по методу Н. Н. Савицкого [12]: обучающиеся с гипокинетическим типом ($\% \text{МОК} < -30 \%$), с эукинетическим типом ($-30 \% < \% \text{МОК} < 30 \%$), с гиперкинетическим типом

($\% \text{МОК} > 30 \%$). При вышеописанном разделении использовались следующие параметры (табл. 2): ЧСС, систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД), минутный объем крови (МОК), должный минутный объем крови (ДМОК), соотношение МОК и ДМОК ($\% \text{МОК}$).

Кардиологическая реакция была изучена по динамике ЧСС во время выпол-

нения нагрузки, по разнице ЧСС между последней минутой нагрузки и фоном ($\Delta\text{ЧСС}_{\text{нагр.-фон}}$), по разнице ЧСС между 3-й минутой восстановления и фоном ($\Delta\text{ЧСС}_{\text{восст.-фон}}$), по показателю реакции ЧСС ($\text{PR}_{\text{нагр.-фон}}$, $\text{PR}_{\text{восст.-фон}}$), а также по коэффициенту восстановления пульса

(КВП). Психофизиологическая реакция оценивалась по состоянию внимания, для чего до и после нагрузки была проведена корректурная проба Б. Бурдона и были проанализированы показатели количества ошибок, объем внимания [13].

Таблица 2

Фоновые кардиоваскулярные показатели школьников с разным уровнем физической работоспособности и разным типом центральной гемодинамики

Тип гемодинамики	ЧСС, уд./ мин	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	МОК, л/ мин	ДМОК, л/мин	%МОК, %
I группа ($\text{PWC}_{170} > 14,0 \text{ кгм/мин/кг}$)						
Гипокинетический ($n = 10$)	70,60 $\pm 1,72$	112,50 $\pm 2,21$	79,30 $\pm 1,69$	3,95 $\pm 0,14$	5,85 $\pm 0,08$	$-32,62 \pm 1,73$
Эукинетический ($n = 11$)	76,91 $\pm 1,60^*$	107,27 $\pm 1,30$	67,73 $\pm 0,83^*$	5,76 $\pm 0,10^*$	5,57 $\pm 0,11$	$-8,56 \pm 2,35^*$
II группа ($8,0 < \text{PWC}_{170} < 14,0 \text{ кгм/мин/кг}$)						
Гипокинетический ($n = 9$)	72,00 $\pm 2,27$	107,33 $\pm 2,35$	78,44 $\pm 1,65$	3,90 $\pm 0,14$	5,78 $\pm 0,18$	$-32,53 \pm 1,00$
Эукинетический ($n = 8$)	75,02 $\pm 1,80$	105,25 $\pm 2,97$	66,00 $\pm 2,77^*$	5,01 $\pm 0,18^*$	5,57 $\pm 0,16$	$-9,70 \pm 3,65^*$
Гиперкинетический ($n = 8$)	98,38 $\pm 1,97^{*,\wedge}$	122,75 $\pm 2,14^{*,\wedge}$	66,75 $\pm 1,27^*$	7,45 $\pm 0,20^{*,\wedge}$	5,65 $\pm 0,16$	$31,89 \pm 0,60^{*,\wedge}$
III группа ($\text{PWC}_{170} < 8,0 \text{ кгм/мин/кг}$)						
Гипокинетический ($n = 8$)	68,50 $\pm 2,16$	112,88 $\pm 1,89$	80,75 $\pm 1,94$	3,73 $\pm 0,07$	5,87 $\pm 0,11$	$-36,43 \pm 0,90$
Эукинетический ($n = 9$)	78,00 $\pm 4,00^*$	112,56 $\pm 1,29$	73,67 $\pm 0,83^*$	4,85 $\pm 0,20^*$	5,84 $\pm 0,14$	$-16,46 \pm 4,48^*$
Гиперкинетический ($n = 11$)	100,82 $\pm 0,97^{*,\wedge}$	121,18 $\pm 1,52^{*,\wedge}$	65,73 $\pm 0,87^{*,\wedge}$	7,64 $\pm 0,09^{*,\wedge}$	5,83 $\pm 0,07$	$31,09 \pm 0,35^{*,\wedge}$

Примечание. Обозначены статистически значимые отличия ($p \leq 0,05$) от величин соответствующих показателей: * – гипокинетический тип, $\wedge$ – эукинетический тип.

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программы Statistica for Windows. Расчет достоверности отличий проводился по методу Стьюдента (уровень доверительной вероятности – 95 %).

Результаты исследования. Как видно из таблицы 2, в фоновом состоянии гипоки-

нетический (ГпК), эукинетический (ЭуК) и гиперкинетический (ГрК) типы различаются по величине МОК и %МОК. Минутный объем крови зависит от двух составляющих: частоты сердечных сокращений и количества крови, изгоняемого в аорту за одну систолу. Различия в МОК между ГпК и ЭуК в I и III группах обоснованы достоверно большими

значениями ЧСС и меньшими значениями ДАД (что указывает на большее пульсовое давление, а значит и на больший систолический объем крови) у представителей эукинетического типа. Отличные значения МОК у ГпК и ГрК связаны с достоверно большими величинами ЧСС, САД и достоверно меньшими величинами ДАД у гиперкинетического типа, что предполагает повышенное использование хронотропных и инотропных резервов миокарда у последних.

Фоновые показатели, безусловно, имеют определенную прогностическую ценность. Например, как уже было сказано выше, по ряду работ показатели центральной гемодинамики в покое имеют тесную связь с уровнем физической подготовленности [1; 7; 8]. Однако в настоящее время достаточно мало данных о реакции обучающихся с разными типами кровообращения на физическую нагрузку, предлагаемую им на уроках ФК в школе.

В результате нашего исследования было выявлено, что динамика ЧСС во время выполнения фартлека в I, II и III группах имела свои особенности, предположительно связанные с показателями магистрального кровообращения. К примеру, на рисунке 1 видно, что обучающиеся III группы с гипокинетическим и эукинетическим типами гемодинамики после вратывания выходят на плато ЧСС примерно к 6 минуте и удерживают стабильные значения ЧСС на протяжении всей нагрузки. У обучающихся с ГрК после периода вратывания и достижения максимальных значений ЧСС примерно к 6-й минуте наблюдается неуклонное снижение пульса вплоть до завершения нагрузки. Снижение пульсовых показателей можно было бы связать с эффектом срочной адаптации к заданной нагрузке, но мы предполагаем, что урежение сердцебиения детерминировано снижением интенсивности бега за счет изменения субъективных ощущений нагрузки. Возможно, испытываемые III группы с гиперкинетическим типом централь-

ной гемодинамики имеют более низкие значения мощности работы и потребления O_2 на уровне анаэробного порога и максимального потребления кислорода, а их буферные системы крови и мышц, включая белки МСТ-1, не могут противостоять ацидозу, развивающемуся на фоне анаэробного метаболизма глюкозы. Поэтому такая динамика ЧСС скорее говорит о меньших адаптационных резервах ССС и организма в целом у ГрК по сравнению с ЭуК и ГпК.

Интересными для обсуждения являются показатели разности ЧСС между нагрузкой и фоновым состоянием, периодом восстановления и фоновым состоянием (табл. 3). Δ ЧСС показывает, насколько сильно изменился пульс во время или после нагрузки относительно состояния физиологического покоя. Во II и III группах Δ ЧСС_{нагр.-фон} и Δ ЧСС_{восст.-фон} были достоверно меньше у ГрК по сравнению с ГпК и ЭуК. На первый взгляд соответствующую тенденцию можно оценить как менее выраженную реакцию ССС школьников с гиперкинетическим типом на беговую нагрузку, что принято рассматривать как благоприятное течение адаптации. Но при более детальном анализе становится ясно, что изначально высокие значения ЧСС в фоне и относительно малые величины ЧСС в конце нагрузки говорят о малых диапазонах функционирования миокарда, что, естественно, не может являться показателем высокого адаптационного потенциала у ГрК. Показатели Δ ЧСС в подгруппах ГпК и ЭуК говорят о большей вариабельности ЧСС между фоновым и нагрузочным состояниями.

В таблице 3 также видно, что скорость восстановления ЧСС после нагрузки выше у школьников с наиболее экономичным типом кровообращения в фоне. Коэффициент восстановления пульса в I, II и III группах уменьшается в ряду ГрК – ЭуК – ГпК, при этом наиболее быстрое восстановление ЧСС наблюдается у школьников с гипокинетическим типом центральной гемодинамики.

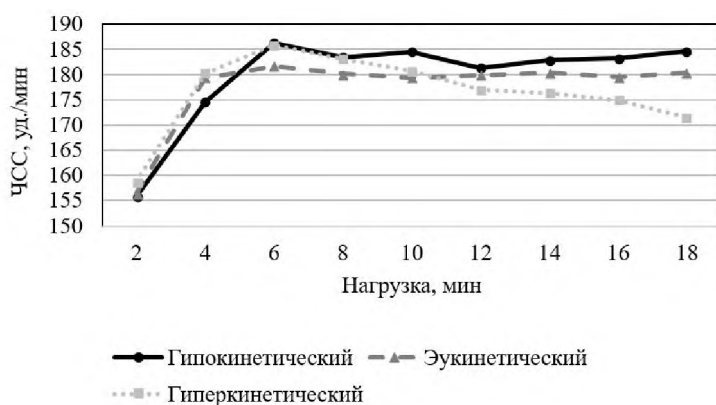


Рис. 1. Динамика ЧСС у школьников III группы во время выполнения нагрузки с учетом разных типов центральной гемодинамики

Таблица 3

Кардиологические показатели реакции школьников на нагрузку с разным уровнем физической работоспособности и разным типом центральной гемодинамики

Тип гемодинамики	$\Delta\text{ЧСС}_{\text{фон-нагр.}}$, уд./мин	$\Delta\text{ЧСС}_{\text{фон-восс.}}$, уд./мин	$\text{ПР}_{\text{фон-нагр.}}$, %	$\text{ПР}_{\text{фон-восс.}}$, %	КВП, %
I группа ($\text{PWC}_{170} > 14,0 \text{ кгм/мин/кг}$)					
Гипокинетический ($n = 10$)	$98,50 \pm 3,51$	$32,70 \pm 3,29$	140,95	46,97	63,93
Эукинетический ($n = 11$)	$96,09 \pm 2,80$	$39,36 \pm 2,60$	114,85	47,28	71,94
II группа ($8,0 < \text{PWC}_{170} < 14,0 \text{ кгм/мин/кг}$)					
Гипокинетический ($n = 9$)	$103,89 \pm 2,85$	$31,56 \pm 3,03$	146,10	44,72	66,37
Эукинетический ($n = 8$)	$106,38 \pm 4,28$	$39,50 \pm 3,51$	142,54	53,32	70,99
Гиперкинетический ($n = 8$)	$81,25 \pm 2,89$ *, ^	$19,88 \pm 4,28$ *, ^	83,09	20,73	72,11
III группа ($\text{PWC}_{170} < 8,0 \text{ кгм/мин/кг}$)					
Гипокинетический ($n = 8$)	$112,38 \pm 2,06$	$43,75 \pm 2,51$	165,56	64,32	69,81
Эукинетический ($n = 9$)	$99,89 \pm 3,31$ *	$40,00 \pm 4,19$	131,58	53,57	72,60
Гиперкинетический ($n = 11$)	$78,91 \pm 1,71$ *, ^	$25,10 \pm 3,79$ *, ^	78,41	25,10	75,31

Примечание. Обозначены статистические значимые отличия ($p \leq 0,05$) от величин соответствующих показателей: * – гипокинетический тип, ^ – эукинетический тип.

На рисунках 2 и 3 представлена динамика ЧСС в период восстановления после нагрузки и распределение КВП по группам ФП с учетом типов центральной гемодинамики соответственно. Относительно высокая скорость восстановления у школьников с ГпК, скорее всего, связана с большими

структурно-функциональными резервами организма и наиболее оптимальным режимом вегетативной регуляции сердечного ритма: эффективной симпато-адреналовой регуляцией в период нагрузки и повышенной парасимпатической регуляцией в период восстановления [14; 15].

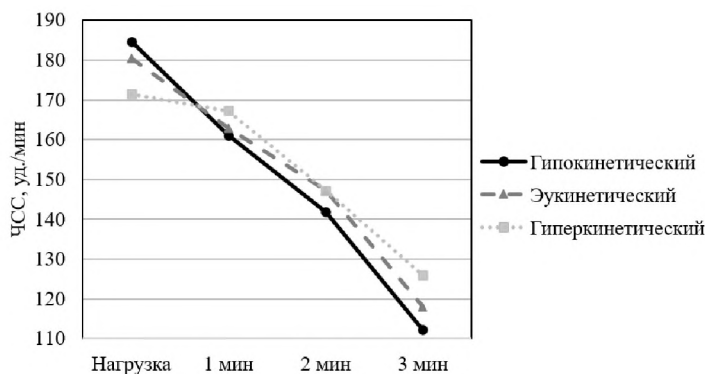


Рис. 2. Динамика ЧСС у школьников III группы в период восстановления с учетом разных типов центральной гемодинамики

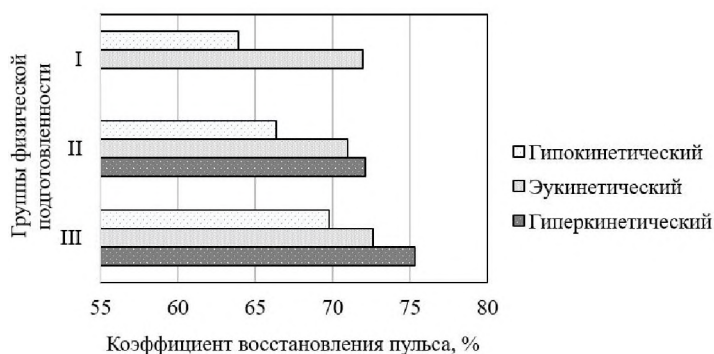


Рис. 3. Коэффициент восстановления пульса школьников с разным уровнем физической работоспособности и разным типом центральной гемодинамики

Не секрет, что выполнение тяжелой физической нагрузки приводит к временному снижению ряда психофизиологических показателей: внимание, память, мышление и т. д. [16; 17]. Однако наибольшему изменению подвержено внимание из-за физиологического механизма и локализации в головном мозге. Считается, что внимание представляет собой скоординиро-

ванную активность β -всплесков в нейронах латеральной префронтальной коры. Данный участок в лобной доли мозга отвечает за мотивационную составляющую, и он же играет немалую роль в концентрации внимания на определенном объекте и подавлении сторонних стимулов. При физической нагрузке (максимальной и околомаксимальной) одним из факторов утомления

считается снижение обеспечения кислородом, а значит и активности, коры больших полушарий, в том числе и лобной ее доли [18–20]. Для школьников важно поддержание оптимального уровня ФП и улучшение состояние здоровья, но представим, что после урока ФК обучающиеся должны посетить урок алгебры или русского языка, при чрезмерной нагрузке функция внимания не успеет восстановиться за перемену, в таком случае эффективность урока, следующего за уроком ФК, будет однозначно снижена. Поэтому контроль за психическим состоянием обучающихся не менее важен, чем за соматическим.

Психофизиологическая реакция обу-

чающихся на нагрузку оценивалась по показателям внимания (табл. 4). Обучающиеся I группы с ГпК были меньше подвержены снижению внимания, чем обучающиеся с ЭуК, что видно по показателю ΔОбъем внимания. Во II группе школьники с ГпК совершали достоверно меньшее количество ошибок в тесте Б. Бурдона после физической нагрузки, имели меньшую ΔКол-во ошибок и ΔОбъем внимания, чем школьники с ГрК. Последнее указывает на существенно меньшее снижение внимания после нагрузки у лиц с гипокинетическим типом. В третьей подгруппе достоверных отличий ни в одном из показателей выявлено не было.

Таблица 4

Психофизиологические показатели школьников с разным уровнем физической работоспособности и разным типом центральной гемодинамики

Тип гемодинамики	Кол-во ошибок (фон), у.е.	Кол-во ошибок (нагр.), у.е.	ΔКол-ва ошибок, у.е.	Объем внимания (фон), у.е.	Объем внимания (нагр.), у.е.	ΔОбъем внимания, у.е.
I группа ($PWC_{170} > 14,0$ кгм/мин/кг)						
Гипокинетический ($n = 10$)	0,90 ±0,33	2,00 ±0,27	1,10 ±0,33	561,80 ±38,69	491,70 ±35,71	-70,10 ±27,05
Эукинетический ($n = 11$)	0,82 ±0,31	2,27 ±0,35	1,45 ±0,36	578,64 ±34,98	411,73 ±22,32	-166,91 ±33,33 *
II группа ($8,0 < PWC_{170} < 14,0$ кгм/мин/кг)						
Гипокинетический ($n = 9$)	0,56 ±0,26	1,33 ±0,35	0,78 ±0,29	612,67 ±32,54	468,22 ±42,26	-144,44 ±30,88
Эукинетический ($n = 8$)	1,00 ±0,53	1,88 ±0,55	0,88 ±0,62	608,50 ±29,12	438,13 ±30,39	-170,38 ±41,99
Гиперкинетический ($n = 8$)	0,63 ±0,28	3,13 ±0,65 *	2,50 ±0,70 *	654,50 ±41,11	401,50 ±28,73	-253,00 ±28,60 *
III группа ($PWC_{170} < 8,0$ кгм/мин/кг)						
Гипокинетический ($n = 8$)	0,64 ±0,22	1,75 ±0,27	1,13 ±0,43	651,00 ±40,92	467,13 ±30,67	-187,38 ±46,46
Эукинетический ($n = 9$)	0,56 ±0,29	2,00 ±0,59	1,44 ±0,59	609,67 ±46,59	463,00 ±32,77	-146,67 ±26,93
Гиперкинетический ($n = 11$)	0,64 ±0,21	2,09 ±0,64	1,45 ±0,61	603,10 ±30,14	452,90 ±25,78	-160,27 ±25,30

Примечание. Обозначены статистически значимые отличия ($p \leq 0,05$) от величин соответствующих показателей: * – гипокинетический тип, ^ – эукинетический тип.

Совокупность данных психофизиологического исследования внимания предвзвешенно говорит о наличии некоторой типологической зависимости между утомлением коры больших полушарий после физической нагрузки и типом центральной гемодинамики в состоянии покоя.

Заключение. Полученные нами данные кардиологической и психофизиологической реакции школьников на продолжительную физическую нагрузку свидетельствуют о наличии разных стратегий адаптации. Результаты исследования говорят о том, что школьники с гипокинетическим и эукинетическим типами центральной гемодинамики имели более низкие значения ЧСС в покое и более высокие величины ЧСС на протяжении выполнения нагрузки, чем школьники с гиперкинетическим типом. По нашему мнению, это связано с большим диапазоном функционирования миокарда и большими адаптационными резервами у подгрупп ГпК и ЭуК.

Восстановление пульса после продол-

жительной физической нагрузки оказалось тем лучше, чем эффективнее было кровообращение в фоне. Коэффициент восстановления пульса уменьшался в ряду ГрК – ЭуК – ГпК вне зависимости от группы физической подготовленности.

Снижению внимания после выполнения фартлека были подвержены обучающиеся всех групп и подгрупп. Однако наименьшим снижением внимания обладали лица с гипокинетическим типом центральной гемодинамики, а наибольшим снижением – лица с гиперкинетическим типом.

Полученные данные требуют дополнительной проверки ввиду лимитирования исследования малой выборкой. Также необходимо уточнение интенсивности и объема выполненной школьниками нагрузки. Результаты исследования могут быть использованы в качестве инструмента для оптимизации методики построения учебно-воспитательного процесса за счет наиболее эффективного дозирования нагрузки.

Список источников

1. Пушкина В. Н., Варенцова И. А., Оляшев Н. В. Функциональные возможности кардиореспираторной системы и двигательный потенциал у лиц с разным типом гемодинамики // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16068> (дата обращения: 04.05.2024).
2. Попов Г. Н., Ширенкова Е. В., Серазетдинов О. З. Критерии здоровья: адаптация, социализация, индивидуализация // Вестник ТГПУ. – 2007. – № 5 (68). – С. 83–87.
3. Токарев А. Н., Попова И. В., Беляков В. А. Адаптация и состояние здоровья детей // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2018. – Т. 63, № 4. – С. 285–285.
4. Хлущевская О. А., Химич Г. З. Проблемы адаптации и здоровье студентов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – №4-1. – С. 64–67.
5. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологий. – М.: Медицина, 1979. – 295 с.
6. Чемоданов В. В., Краснова Е. Е., Горнаков И. С. Конституциональная типология, наследственная предрасположенность и соединительнотканная дисплазия у детей: история изучения // Вестник ИвГМА. – 2013. – № 2. – С. 62–65.
7. Ванюшин М. Ю., Елистратов Д. Е. Влияние нагрузки повышающейся мощности на кардиореспираторную систему спортсменов с различными типами кровообращения // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3-2. – С. 241–244.
8. Ванюшин Ю. С., Федоров Н. А. Состояние кардиореспираторной системы спортсменов с различными типами кровообращения при физической нагрузке // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2017. – № 1. – С. 160–166.
9. Гаврилова Е. А. Сердце спортсмена. Актуальные проблемы спортивной кардиологии. – М.: Спорт, 2022. – 430 с.
10. Рязанцев А. И., Гребенников Е. К.,

Гребенникова И. Н. [и др.] Кардиоваскулярная и вегетативная адаптация организма курсантов института гражданской авиации к разным типам локомоторной двигательной активности // Сибирский научный медицинский журнал. – 2024. – Т. 44, № 3. – С. 108–117.

11. Карпман В. Л. Исследование физической работоспособности у спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – 95 с.

12. Терезулов Ю. Э. К методике определения типов центральной гемодинамики в клинической практике // Практическая медицина. – 2011. – № 52. – С. 138–140.

13. Сидоров К. Р. Количественная оценка продуктивности внимания в методике «Коррективная проба» Б. Бурдона // Вестник Удмуртского университета. Серия «Философия. Психология. Педагогика». – 2012. – № 4. – С. 50–57.

14. Гаврилова Е. А. Спорт, стресс, вариативность. – М.: Спорт, 2015. – 168 с.

15. Michael S., Graham K., Davis G. Cardiac Autonomic Responses during Exercise and Post-exercise Recovery Using Heart Rate Variability and Systolic Time Intervals – A Review // *Frontiers in Physiology*. – 2017. – Vol. 8.

16. Брызгалова М. В., Кальбердин И. С. Исследование концентрации внимания до и после физической нагрузки у студентов // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2020. – № 1 (179). – С. 43–47.

17. Виноградов И. Г. Влияние силовых нагрузок различной направленности на свойства кратковременной памяти у студентов // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2007. – № 11 (33). – С. 14–17.

18. Shibuya K., Tanaka J., Kuboyama N. [et al.] Cerebral cortex activity during supramaximal exhaustive exercise // *The Journal of sports medicine and physical fitness*. – 2004. – Vol. 44, № 215-9.

19. Ma J., Chen H., Liu X., Zhang L., Qiao D. Exercise-Induced Fatigue Impairs Bidirectional Corticostriatal Synaptic Plasticity // *Front Cell Neurosci*. – 2018. – Vol. 12:14.

20. Wachter J. De, Proost M., Habay J., Verschaeren M. [et al.] Prefrontal Cortex Oxygenation During Endurance Performance: A Systematic Review of Functional Near-Infrared Spectroscopy Studies // *Frontiers in Physiology*. – 2021. – № 12. – P. 761232.

References

1. Pushkina, V. N., Varentsova, I. A., Olyashchev, N. V., 2014. Functional capabilities of the cardiorespiratory system and motor potential in persons with different type of hemodynamics. *Modern problems of science and education*, no. 6. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16068> (дата обращения: 04.05.2024) (In Russ.)

2. Popov, G. N., Shirenkova, E. V., Serazetdinov, O. Z., 2007. Health criteria: adaptation, socialization, individualization. *Vestnik TSPU*, vol 68, no. 5, pp. 83–87. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Tokarev, A. N., Popova, I. V., Belyakov, V. A., 2018. Adaptation and health status of children. *Russian Messenger of Pereontology and Pediatrics*, vol. 63, no. 4, pp. 285–285. (In Russ.)

4. Khlushchevskaya, O. A., Khimich, G. Z., 2015. Problems of adaptation and health of students. *Actual problems of humanities and natural sciences*, no. 4-1, pp. 64–67. (In Russ.)

5. Baevskiy, R. M., 1979. Prediction of states on the verge of norms and pathologies. *Moscow: Medicine Publ.*, 295 p. (In Russ.)

6. Chemodanov, V. V., Krasnova, E. E., Gornakov, I. S., 2013. Constitutional typology, hereditary

predisposition and connective tissue dysplasia in children: a history of study. *Vestnik IvGMA*, no. 2, pp. 62–65. (In Russ., abstract in Eng.)

7. Vanyushin, M. Yu., Elistratov, D. E., 2012. Effect of the increasing power load on the cardiorespiratory system of the athletes with different types of blood circulation. *Fundamental research*, no. 3-2, pp. 241–244. (In Russ., abstract in Eng.)

8. Vanyushin, Yu. S., Fedorov, N. A., 2017. State of the cardiorespiratory system of athletes with different types of blood circulation under physical load. *Pedagogical-psychological and medical-biological problems of physical culture and sport*, no. 1, pp. 160–166. (In Russ.)

9. Gavrilova, E. A., 2022. The athlete's heart. *Actual problems of sports cardiology*. Moscow: Sport Publ., 430 p. (In Russ.)

10. Ryazantsev, A. I., Grebennikov, E. K., Grebennikova, I. N., Sorokin, O. V., Subotyalov M. A., 2024. Cardiovascular and vegetative adaptation of the organism of cadets of the Institute of Civil Aviation to different types of locomotor motor activity. *Siberian Scientific Medical Journal*, vol. 44, no. 3, pp. 108–117. (In Russ., abstract in Eng.)

11. Karpman, V. L., 1974. Research of physical efficiency in sportsmen. Moscow: Physical education and sport Publ., 95 p. (In Russ.)
12. Teregulov, Yu. E., 2011. To the methodology of determining the types of central hemodynamics in clinical practice. Practical Medicine, no. 52, pp. 138–140. (In Russ.)
13. Sidorov, K. R., 2012. Quantitative assessment of attention productivity in the method “Corrective test” by B. Burdon. Vestnik of Udmurt University. Series “Philosophy. Psychology. Pedagogy”, no. 4, pp. 50–57. (In Russ., abstract in Eng.)
14. Gavrilova, E. A., 2015. Sport, stress, variability. Moscow: Sport, 168 p. (In Russ.)
15. Michael, S., Graham, K., Davis, G., 2017. Cardiac Autonomic Responses during Exercise and Post-exercise Recovery Using Heart Rate Variability and Systolic Time Intervals – A Review. Frontiers in Physiology, vol. 8. (In Eng.)
16. Bryzgalova, M. V., Kalberdin, I. S., 2020. Study of attention concentration before and after physical exercise in students. Scientific Notes of P. F. Lesgaft University, vol. 179, no. 1, pp. 43–47. (In Russ., abstract in Eng.)
17. Vinogradov, I. G., 2007. Influence of force loads of different orientation on the properties of short-term memory in students. Scientific notes of P. F. Lesgaft University, vol. 33, no. 11, pp. 14–17. (In Russ., abstract in Eng.)
18. Shibuya, K., Tanaka, J., Kuboyama, N., Murai, S., 2004. Cerebral cortex activity during supramaximal exhaustive exercise. The Journal of sports medicine and physical fitness, vol. 44, no. 215-9. (In Eng.)
19. Ma, J., Chen, H., Liu, X., Zhang, L., Qiao, D., 2018. Exercise-Induced Fatigue Impairs Bidirectional Corticostriatal Synaptic Plasticity. Front Cell Neurosci, vol. 12:14. (In Eng.)
20. De Wachter, J., Proost, M., Habay, J., Verstraelen, M., 2021. Prefrontal Cortex Oxygenation During Endurance Performance: A Systematic Review of Functional Near-Infrared Spectroscopy Studies. Frontiers in Physiology, no. 12, p. 761232. (In Eng.)

Информация об авторах

А. И. Рязанцев, старший преподаватель кафедры теоретических основ физической культуры, аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет, reza.a.i@mail.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4441-4793>, Новосибирск, Россия

И. Н. Гребенникова, кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой теоретических основ физической культуры, Новосибирский государственный педагогический университет, ORCID <https://orcid.org/0009-0002-7466-3651>, i160463@yandex.ru, Новосибирск, Россия

Information about the authors

Andrey I. Ryazantsev, Senior lecturer of the Department of Theoretical Foundations of Physical Culture, postgraduate student of the Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4441-4793>, reza.a.i@mail.ru, Novosibirsk, Russia

Irina N. Grebennikova, Cand. Sci. (Biolog.), Assoc. Prof., Head of the Department of Theoretical Fundamentals of Physical Culture, Novosibirsk State Pedagogical University, ORCID <https://orcid.org/0009-0002-7466-3651>, i160463@yandex.ru, Novosibirsk, Russia

Поступила в редакцию 15.06.2024
Принята к публикации 25.06.2024

Submitted 15.06.2024
Accepted for publication 25.06.2024