

DOI: 10.25629/НС.2024.11.23

УДК: 612.1 + 796.015.6

ВАК: 5.8.6. Оздоровительная и адаптивная физическая культура

ВАРИАНТЫ ДОЗИРОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ У ШКОЛЬНИКОВ 15-16 ЛЕТ НА УРОКЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Рязанцев А.И.^{1,2}, Гребенникова И.Н.¹

¹Новосибирский государственный педагогический университет

²Спортивная школа олимпийского резерва «Центр водных видов спорта»

Исследование выполнено в рамках проекта «Оптимизация методики занятий физической культурой», который реализуется при финансовой поддержке Министерства просвещения Российской Федерации в рамках государственного задания № 073-03-2024-052 от 18.01.2024

Аннотация

Проблема исследования связана с необходимостью решения вопросов оптимизации методики построения уроков физической культуры. Не секрет, что обучающиеся, приходящие на урок физической культуры, имеют абсолютно разный уровень соматического и психического здоровья, разный уровень адаптационных резервов организма и, конечно, обладают разной физической подготовленностью. Настоящая работа направлена на изыскание новых путей индивидуализации физической нагрузки на уроках в школе для создания благоприятных условий физического и духовного развития молодого поколения. Цель работы – изучение вариантов дозирования продолжительной физической нагрузки у мальчиков 15-16 лет. В процессе исследования были изучены кардиоваскулярные показатели 73 мальчиков в возрасте 15-16 лет, обучающихся в общеобразовательных учреждениях среднего образования. Также в процессе анализа полученных данных результаты исследования отдельных испытуемых были подвергнуты группированию: по соматотипам (астеники, нормостеники, гиперстеники), по типам центральной гемодинамики (гипокинетический тип, эукинетический тип, гиперкинетический тип) и по уровню локомоторной двигательной активности (высокий уровень, средний уровень, низкий уровень). Кардиоваскулярная реакция школьников на продолжительную физическую нагрузку продемонстрировала наличие разных стратегий адаптации в изученной популяции, что позволяет выделить несколько вариантов дозирования нагрузки. Первый вариант: учителям ФК рекомендуется дозировать нагрузку на основе данных о локомоторной двигательной активности школьников. Второй вариант (менее точный): учителя ФК могут дозировать нагрузку исходя из эффективности кровообращения школьников в состоянии относительного покоя. Третий вариант (наименее точный из предложенных): дозирование нагрузки исходя из соматотипов обучающихся. Вопросы дозирования нагрузки на уроках физической культуры остаются важной частью исследований в области индивидуального подхода к обучающимся. Результаты данного исследования открывают возможности для одновременного учета соматотипа, типа центральной гемодинамики и уровня локомоторной двигательной активности при дифференцировании нагрузки в рамках учебно-воспитательного процесса в средней школе.

Ключевые слова

физическая культура, физическая нагрузка, дозирование, школьники, кардиоваскулярная реакция, восстановление

Введение

Вопросы дозирования нагрузки, дифференцированного подхода, оптимизации методики построения уроков волнуют ученых на протяжении многих десятилетий [1-3]. При этом область научного познания затрагивает весь перечень дисциплин средних и высших учебных заведений, начиная от алгебры, физики, анатомии, теории-методики и заканчивая физической культурой (ФК). Например, существует работы, посвященные выработке санитарно-гигиенических норм дозирования учебной нагрузки у школьников [4]. Несмотря на долгий период изучения данного вопроса, в научных журналах продолжают публиковаться труды, в которых коллеги ученых ищут зависимость между «дозой» (объемом аудиторной нагрузки) и «эффектом» (сформированными компетенциями) [5; 6].

Тем не менее при изучении взаимосвязи «доза-эффект» каждый раз стоит обращаться к теме цены адаптации. К примеру, известно, что любая учебная нагрузка воздействует на нервную систему обучающегося, а если говорить точнее, то на определенные отделы головного мозга. Под воздействием учебной нагрузки, по-другому стимула, происходит изменение структур и ультраструктур центральной нервной системы (ЦНС) [7; 8]. То есть педагогический стимул вызывает конкретные биологические изменения в головном мозге, направленные на адаптацию к предложенной нагрузке. Эти изменения обязательно сопровождаются определенными энерготратами необходимыми, во-первых, для решения поставленной педагогической задачи, иными словами для срочной адаптации; во-вторых, для осуществления ремоделирования наиболее активных отделов головного мозга, по-другому для долговременной адаптации.

В физической культуре, как в научной дисциплине, аналогично изучаются санитарно-гигиенические аспекты труда детей, подростков и взрослых, обычных школьников и спортсменов. Поднимаются многочисленные вопросы цены адаптации к выполнению двигательных задач [9]. При решении двигательной задачи локализация нагрузки, точнее локализация биологического ответа на эту нагрузку, будет зависеть от типа упражнения, его продолжительности и интенсивности. Следовательно, цена адаптации при выполнении разных упражнений будет отличаться. Например, при выполнении силовых упражнений основной эффект приспособления будет состоять в увеличении числа миофибрилл, а значит и мышечной массы в целом, повышении запасов макроэргических соединений в скелетной мускулатуре, увеличении силы нервных процессов, улучшения межмышечной координации и т.д. [10]. В таком случае цена адаптации будет состоять из количества потребленного кислорода и затраченных килокалорий (ккал) на срочную адаптацию (количество синтезированных и гидролизированных молекул АТФ для осуществления скольжения актина вдоль миозина, проведения нервного импульса, работы кальциевого насоса, и т.д.) и на долговременную (количество использованных молекул АТФ для процессов ядерной транскрипции и рибосомальной трансляции, являющихся стадиями синтеза белка и т.д.). При этом очевидно, что у людей, имеющих разный уровень структурно-функциональных резервов, цена адаптации и возможности к адаптации будет сильно отличаться.

В нашей статье мы решили поднять вопросы, одновременно связанные с величиной цены адаптации, сформированностью структурно-функциональных резервов, реакцией на физическую нагрузку и человеческой типологизацией по различным методикам. Идея нашей работы состоит в том, чтобы дать учителям физкультуры в руки «инструмент» для дозирования нагрузки в учебно-воспитательном процессе. Существуют работы, показывающие, что астеники, нормостеники, гиперстеники по-разному отвечают на физическую нагрузку [11; 12]. Также есть работы, в которых авторы показывают наличие связи между толерантностью к физическим нагрузкам и типом центральной гемодинамики (ГД) [13; 14]. К слову, наше предыдущее исследование предварительно подтвердило зависимость силы и продолжительности кардиологической реакции школьников на физическую нагрузку от физической подготовленности (ФП) и эффективности кровообращения в состоянии покоя [15]. Ещё более раннее исследование показало зависимость состояния соматического здоровья от типа локомоторной двигательной активности (ЛДА) у обучающихся [16]. Большинство перечисленных работ лимитировано выборкой или имеют иные методологические ограничения, поэтому существует потребность в актуализации данных о дозировании нагрузки на уроках ФК.

Цель работы – изучение вариантов дозирования продолжительной физической нагрузки у мальчиков 15-16 лет.

Методология исследования

Обследование проходило на базе Научно-исследовательской лаборатории спортивной антропологии и функциональных резервов человека факультета физической культуры ФГБОУ ВО НГПУ, а также в средней общеобразовательной школе № 155 и в «Лицее № 136» г. Новосибирска.

Участие в обследовании приняло 73 мальчика в возрасте 15-16 лет, обучающихся в образовательных учреждениях среднего общего образования. Общим критерием попадания в выборку являлось отсутствие в анамнезе некомпенсированных хронических заболеваний, отсутствие в настоящий момент протекающих острых заболеваний, а также отсутствие травм и нарушений кожных покровов различного генеза. После формирования первоначальной выборки был сформулирован ряд дополнительных (специальных) критериев. Для изучения физиолого-педагогических аспектов кардиоваскулярной реакции школьников на физическую нагрузку 73 испытуемых были разделены на различные типологические группы: по соматотипам (астеники, нормостеники, гиперстеники), по типам ГД (гипокинетический, эукинетический, гиперкинетический), по уровню локомоторной двигательной активности (высокий уровень, средний уровень, низкий уровень).

Соматотипирование осуществлялось по методу М.В. Черноруцкого, для чего были исследованы длина тела (ДТ), масса тела (МТ), площадь поверхности тела (ППТ), обхват грудной клетки (ОГК), рассчитаны значения индекса Пинье (ИП). В группу астеники (А) попадали школьники с $ИП > 30$ у.е., в группу нормостеники (Н) – с 10 у.е. $< ИП < 30$ у.е., а в группу гиперстеники (Г) – с $ИП < 10$ у.е. Результаты предварительного морфологического исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Возрастные и морфологические данные мальчиков в возрасте 15-16 лет с разными соматотипами, центральной гемодинамикой и уровнем локомоторной двигательной активности

Показатель	Типологизация								
	Соматотип			Тип ГД			Уровень ЛДА		
	А (n = 37)	Н (n = 21)	Г (n = 15)	ГпК (n = 12)	ЭуК (n = 42)	ГрК (n = 19)	BC (n = 12)	CP (n = 14)	НЗ (n = 47)
Возраст, лет	15,46 ± 0,51	15,70 ± 0,47	15,78 ± 0,44	15,56 ± 0,53	15,62 ± 0,49	15,38 ± 0,52	13,14 ± 0,38	15,64 ± 0,50	15,65 ± 0,48
ЛДА, часы	-	-	-	-	-	-	19,00 ± 1,32 * ^	14,32 ± 1,25 ^	1,50 ± 0,00
ДТ, см	173,35 ± 6,75	171,15 ± 6,90	174,67 ± 5,43	177,33 ± 7,42	177,33 ± 7,42	169,25 ± 9,11	176,14 ± 2,78	173,39 ± 6,47	172,70 ± 3,55
МТ, кг	55,56 ± 6,61 ^	61,67 ± 5,45	77,81 ± 7,32	65,94 ± 8,88	65,94 ± 8,88	55,23 ± 9,39	60,91 ± 3,24	62,08 ± 7,31	59,93 ± 5,63
ППТ, м²	1,63 ± 0,12	1,71 ± 0,11	1,94 ± 0,12	1,80 ± 0,14	1,69 ± 0,14	1,61 ± 0,17	1,73 ± 0,05	1,73 ± 0,12	1,69 ± 0,09
ИП, у.е	40,49 ± 5,61 * ^	23,66 ± 4,30 ^	0,52 ± 5,46	-	-	-	-	-	-

Примечание: обозначены статистически значимые различия ($p < 0,05$) от величин соответствующих показателей. В графе «Соматотип»: * – нормостеники, ^ – гиперстеники. В графе «Тип гемодинамики»: * – эукинетический, ^ – гиперкинетический. В графе «Уровень локомоторной двигательной активности»: * – средний, ^ – низкий.

Типологизация школьников по типам ГД осуществлялась по методу Н.Н. Савицкого. В группу с гипокинетическим типом гемодинамики (ГпК) попадали обучающиеся, у которых

минутный объем кровообращения (МОК) был меньше должного минутного объем кровообращения (ДМОК) на 30 % (%МОК < -30 %). Для попадания в группу с эукинетическим типом гемодинамики (ЭуК) обучающиеся должны были иметь %МОК больше -30 % и меньше 30 %, а для попадания в группу с гиперкинетическим типом гемодинамики (ГрК) значение %МОК должно было превышать 30 %. Результаты предварительного кардиоваскулярного исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Фоновые кардиоваскулярные и метаболические показатели мальчиков в возрасте 15-16 лет с разными соматотипами, центральной гемодинамикой и уровнем локомоторной двигательной активности

Показатель	Типологизация								
	Соматотип			Тип ГД			Уровень ЛДА		
	А (n = 37)	Н (n = 21)	Г (n = 15)	ГпК (n = 12)	ЭуК (n = 42)	ГрК (n = 19)	BC (n = 12)	CP (n = 14)	НЗ (n = 47)
ЧСС, уд./мин	89,65 ± 10,44	87,70 ± 14,47	93,56 ± 9,26	72,78 ± 5,24 ^	89,40 ± 10,55	108,25 ± 4,33	70,71 ± 3,54 ^	79,50 ± 7,37	93,98 ± 6,51
САД, мм рт. ст.	117,89 ± 9,57	119,65 ± 10,10	120,67 ± 7,55	116,22 ± 6,22	117,38 ± 10,26	131,25 ± 6,26	114,29 ± 4,76	117,43 ± 6,97	119,35 ± 7,19
ДАД, мм рт. ст.	73,78 ± 6,70	74,09 ± 6,31	74,67 ± 3,30	80,89 ± 4,37	73,15 ± 6,82	71,00 ± 4,55	76,29 ± 5,07	72,29 ± 4,73	73,26 ± 4,40
ПД, мм рт. ст.	44,11 ± 7,23	45,57 ± 12,66	46,00 ± 5,88	35,33 ± 5,33 ^	44,23 ± 7,73	60,25 ± 7,27	38,00 ± 3,48	45,14 ± 5,74	46,09 ± 6,05
СОК, мл	63,30 ± 5,67	63,77 ± 9,56	63,63 ± 3,16	54,45 ± 4,28 ^	63,64 ± 5,75	73,66 ± 5,81	58,77 ± 4,13	64,60 ± 4,40	64,55 ± 4,22
оСОК, мл/кг	1,16 ± 0,12 ^	1,04 ± 0,18	0,82 ± 0,05	0,83 ± 0,08 ^	1,08 ± 0,18	1,35 ± 0,12	0,97 ± 0,11	1,06 ± 0,16	1,10 ± 0,12
УИ, мл/м ²	39,01 ± 4,59	37,39 ± 5,85	32,82 ± 1,65	30,29 ± 2,12 ^	37,79 ± 4,57	45,91 ± 2,52	34,15 ± 3,19	37,78 ± 4,30	38,42 ± 3,09
МОК, л/мин	5,67 ± 0,81	5,66 ± 1,63	5,96 ± 0,71	3,93 ± 0,26 * ^	5,67 ± 0,71 ^	7,98 ± 0,77	4,15 ± 0,30 ^	5,16 ± 0,71	6,08 ± 0,65
оМОК, мл/(кг*мин)	104,56 ± 21,65	92,73 ± 27,98	77,08 ± 10,04	60,03 ± 4,20 ^	96,28 ± 18,60 ^	146,10 ± 12,30	68,73 ± 8,40 ^	85,76 ± 19,60	104,01 ± 15,34
СИ, л/(м ² *мин)	3,51 ± 0,63	3,32 ± 0,97	3,08 ± 0,39	2,18 ± 0,10 * ^	3,37 ± 0,50 ^	4,97 ± 0,32	2,41 ± 0,24 ^	3,03 ± 0,58	3,62 ± 0,44
ДОО, ккал	1593,16 ± 91,42 ^	1664,54 ± 106,34	1903,51 ± 100,23	1755,17 ± 84,64	1651,64 ± 141,23	1568,58 ± 117,26	1682,84 ± 66,27	1681,73 ± 123,59	1648,70 ± 86,54
ДМОК, л/мин	5,67 ± 0,33 ^	5,92 ± 0,38	6,77 ± 0,36	6,25 ± 0,30	5,88 ± 0,50	5,58 ± 0,42	5,99 ± 0,24	5,98 ± 0,44	5,87 ± 0,31
%МОК, %	1,18 ± 18,00	-3,59 ± 28,03	-11,71 ± 11,18	-37,12 ± 2,93 * ^	-2,88 ± 14,34 ^	43,09 ± 9,08	-30,42 ± 6,89 ^	-12,47 ± 16,68	4,45 ± 12,56

Примечание: обозначены статистически значимые различия (p < 0,05) от величин соответствующих показателей. В графе «Соматотип»: * – нормостеники, ^ – гиперстеники. В графе «Тип гемодинамики»: * – эукинетический, ^ – гиперкинетический. В графе «Уровень локомоторной двигательной активности»: * – средний, ^ – низкий.

Деление испытуемых на группы по уровню ЛДА осуществлялось относительно затраченных в неделю часов на внеурочные или внешкольные, то есть дополнительные, занятия ФК и спортом. Так в группу с высоким уровнем ЛДА (BC) попали школьники, дополнительно занимающиеся в спортивных школах олимпийского резерва, в группу со средним уровнем ЛДА (CP) попали школьники, дополнительно занимающиеся в школьных кружках, а в группу с низким уровнем ЛДА (НЗ) – школьники, занимающиеся только по 2 академических часа в неделю ФК на уроке.

Суть эксперимента состояла в оценке кардиоваскулярной реакции школьников на продолжительную физическую нагрузку переменной интенсивности: всем испытуемым предлагалось

выполнить 18-минутный фартлек, в котором 1,5 минуты они должны были бежать с предполагаемыми усилиями $3/4$ от максимума, а следующие 1,5 минуты идти шагом, и т.д. Таким образом нагрузка с одной стороны регламентировалась полезным временем работы, которое было сопоставимо во всех группах (18 минут), а с другой стороны – субъективными ощущениями прикладываемых усилий. Такой тип дозирования экспериментальной нагрузки мы выбрали для моделирования урока ФК, на котором, как правило, выполняются не стандартные тестовые нагрузки, рассчитываемые на единицу массы или площади поверхности тела, а выполняются наиболее простые и доступные упражнения.

Кардиоваскулярная реакция оценивалась по фоновым, нагрузочным и постронагрузочным показателям кровообращения и метаболизма: ЧСС (частота сердечных сокращений), САД и ДАД (систолическое и диастолическое артериальное давление), ПД (пульсовое давление), СрАД (среднее артериальное давление), СОК и оСОК (систолический и относительный систолический объем крови), УИ (ударный индекс), МОК и оМОК (минутный и относительный минутный объем кровообращения), СИ (сердечный индекс), ДОО (должный основной обмен, ДМОК (должный минутный объем кровообращения), %МОК (соотношение МОК и ДМОК), Δ ЧСС (разница между значениями ЧСС, полученными в разные периоды эксперимента), Δ МОК (разница между значениями МОК, полученными в разные периоды эксперимента), Δ СОК (разница между значениями СОК, полученными в разные периоды эксперимента), КВП (коэффициент восстановления пульса), СВП (скорость восстановления пульса), СПВ (сумма пульсового восстановления), ЭТ и оЭТ (энерготраты и относительные энерготраты), А и оА (работа и относительная работа).

Измерения проводились при помощи оптических пульсометров Polar Verity Sense, программы Polar Team и механических тонометров CS-105 фирмы CS Medica.

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программы Statistica for Windows, достоверность отличий определялась с использованием критерия Стьюдента для несвязанных выборок (уровень статистической значимости 0,05).

Результаты и их обсуждение

Представленные в таблице 2 фоновые значения кардиоваскулярных показателей говорят об отсутствии какой-либо значимой закономерности в функционировании сердечно-сосудистой системы (ССС) у школьников с разными соматотипами в состоянии относительного покоя. Достоверные отличия были найдены только в показателях оСОК, ДОО и %МОК между астениками и гиперстениками.

Типологизация по эффективности кровообращения, основанная на различиях между МОК и ДМОК, в отношении кардиоваскулярных характеристик была более показательна. Например, школьники с ГпК имели достоверно меньшие значения ЧСС, ПД, СОК, оСОК, УИ, МОК, оМОК, СИ и %МОК, чем школьники с ГрК. Эукинетический и гиперкинетический типы различались по показателям МОК, оМОК, СИ и %МОК, при этом наименьшими значениями обладали школьники с ЭуК.

Результаты предварительного кардиоваскулярного исследования также показали, что школьники с высоким уровнем ЛДА обладали меньшими значениями ЧСС, МОК, оМОК, СИ и %МОК, чем школьники с низким уровнем ЛДА. Выделим, что большинство обучающихся, которые дополнительно занимались какими-либо видами спорта, имели более экономичных тип кровообращения. То есть уровень функционирования ССС в покое у них был понижен.

В наших предыдущих работах мы указывали, что уровень функционирования ССС в покое имеет некоторые прогностические способности: предполагается, что чем эффективнее ГД организма в фоне, тем большими резервными возможностями он обладает [15, 16]. Однако нагрузочные тестирования помогают выявить скрытые дефекты, частично или полностью компенсированные вовлечением повышенного числа функциональных единиц. Проведенное исследование установило ряд типологических особенностей в реакции на беговую нагрузку. Результаты нагрузочных кардиоваскулярных показателей школьников представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Нагрузочные кардиоваскулярные показатели мальчиков в возрасте 15-16 лет с разными соматотипами, центральной гемодинамикой и уровнем локомоторной двигательной активности

Показатель	Типологизация								
	Соматотип			Тип ГД			Уровень ЛДА		
	А (n = 37)	Н (n = 21)	Г (n = 15)	ГпК (n = 12)	ЭуК (n = 42)	ГрК (n = 19)	BC (n = 12)	CP (n = 14)	НЗ (n = 47)
ЧСС _{max} , уд./мин	183,73 ± 9,06	177,96 ± 11,76	186,78 ± 15,14	175,44 ± 5,50	183,44 ± 9,34	181,75 ± 7,13	171,00 ± 5,42 ^	172,21 ± 9,59	186,35 ± 7,55
ЧСС _{ср.} , уд./мин	159,48 ± 10,64	154,53 ± 11,30	163,05 ± 11,29	152,20 ± 5,18	158,94 ± 10,90	161,60 ± 7,11	144,15 ± 4,56 ^	148,54 ± 8,28	163,41 ± 6,24
ЧСС _{бег} , уд./мин	163,92 ± 10,60	159,66 ± 8,26	167,92 ± 9,98	156,57 ± 4,44	163,73 ± 8,59	166,90 ± 6,47	152,20 ± 3,65 ^	154,92 ± 7,36	167,16 ± 6,03
ЧСС _{ходьба} , уд./мин	155,05 ± 13,23	149,39 ± 7,26	158,19 ± 8,19	147,84 ± 6,56	154,16 ± 11,85	153,60 ± 8,11	136,10 ± 6,55 ^	142,13 ± 9,94	159,66 ± 6,85
ΔЧСС _{max-фон} , уд./мин	94,08 ± 13,29	90,26 ± 12,80	93,32 ± 12,31	102,67 ± 6,12 ^	94,04 ± 13,76	73,50 ± 6,57	101,29 ± 3,44 ^	92,71 ± 6,94	90,37 ± 4,43
ΔЧСС _{ср.-фон} , уд./мин	69,84 ± 11,09	66,83 ± 11,86	69,50 ± 8,22	79,43 ± 5,49 ^	69,54 ± 10,79	53,35 ± 6,00	73,44 ± 6,04	69,03 ± 10,09	69,43 ± 6,33
ΔЧСС _{max-ср.} , уд./мин	24,24 ± 5,29	23,43 ± 6,76	23,73 ± 5,78	23,24 ± 1,65	24,50 ± 5,89	20,15 ± 4,10	26,85 ± 3,54	23,69 ± 5,37	22,94 ± 3,06
ΔЧСС _{бег-ходьба} , уд./мин	8,88 ± 5,68	10,27 ± 4,15	9,73 ± 6,13	8,73 ± 4,28	9,57 ± 6,78	10,60 ± 3,58	16,10 ± 1,76 ^	12,78 ± 5,62	7,50 ± 2,25

Примечание: обозначены статистически значимые различия (p < 0,05) от величин соответствующих показателей. В графе «Соматотип»: * – нормостеники, ^ – гиперстеники. В графе «Тип гемодинамики»: * – эукинетический, ^ – гиперкинетический. В графе «Уровень локомоторной двигательной активности»: * – средний, ^ – низкий.

Срочная реакция школьники на беговую нагрузку (ЧСС_{max}, ЧСС_{ср.}, ЧСС_{бег}, ЧСС_{ходьба}) с астеническим, нормостеническим и гиперстеническим соматотипами была одинакова. Также не было достоверных отличий в показателях ΔЧСС_{max-фон}, ΔЧСС_{ср.-фон} и ΔЧСС_{бег-ходьба}, что говорит о сопоставимом напряжении регуляторных систем как во время бега, так и во время ходьбы у астеников, нормостеников и гиперстеников.

Напротив, у школьников с ГпК и ГрК типами ГД достоверно отличались некоторые функциональные показатели. К примеру, у лиц с более эффективным кровообращением были больше значения ΔЧСС_{max-фон} и ΔЧСС_{ср.-фон}, чем у лиц с менее эффективным кровообращением. Вышеуказанные показатели говорят, во-первых, о том насколько сильно изменилась ЧСС от фонового состояния до нагрузочного (имеется ввиду максимум ЧСС и среднее ЧСС), во-вторых, о возможностях, то есть о резервах изменения ЧСС.

Наибольшее количество достоверных отличий было получено в типологизации, основу которой составляет уровень ЛДА. Школьники с высоким уровнем ЛДА имели меньшее значение ЧСС_{max}, ЧСС_{бег}, ЧСС_{ходьба}, что говорит о меньшем уровне напряжения регуляторных систем, но при этом они же обладали большими значениями ΔЧСС_{max-фон} и ΔЧСС_{бег-ходьба}. Если ΔЧСС_{max-фон} отражает резервы функционирования ССС, то ΔЧСС_{бег-ходьба} скорее указывает на отличия в напряжении регуляторных систем при беге и ходьбе. Иными словами, школьники с высоким уровнем ЛДА предположительно имеют больший резерв в функционировании ССС, а также большие потенции к восстановлению во время ходьбы между беговыми интервалами, чем их сверстники с низким уровнем ЛДА.

Анализ лишь небольшого ряда кардиоваскулярных характеристик уже показал, что типологизация мальчиков 15-16 лет, обучающихся в образовательных учреждениях среднего общего образования, имеет свои особенности. Промежуточный итог исследования указывает на наличие связи между методами типологизации и физиологическими параметрами реакции на продолжительную физическую нагрузку: например, сердечно-сосудистая реакция на фартлек в малой степени зависит от морфологического развития, в средней степени от фоновой эффективности кровообращения и в большей степени от уровня локомоторной двигательной активности.

На рисунках 1, 2 и 3 представлены пульсовые кривые школьников. Графический метод анализа ЧСС в период выполнения обследуемыми физической нагрузки показал, что наибольшие различия наблюдаются между лицами с разным уровнем ЛДА, а наименьшие различия – с разным соматотипом. Статистическая обработка данных подтвердила результаты, полученные графическим методом. Школьники с высоким уровнем ЛДА имели меньшие значения ЧСС на 2, 3, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15 и 18 минутах, чем школьники с низким уровнем ЛДА. Если предположить, что бег и ходьба у них были равноинтенсивными, а суммарный уровень нагрузки был не максимальным, а хотя бы субмаксимальным, то меньшие значения ЧСС указывали бы на меньшее напряжение регуляторных систем и кислородтранспортного механизма.

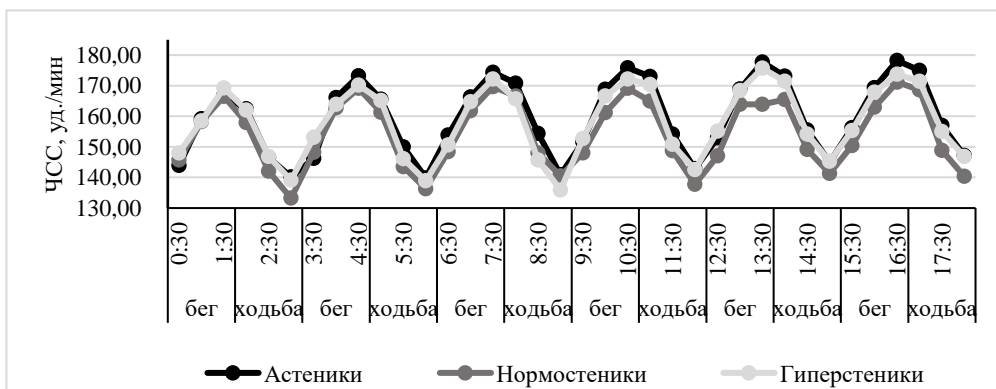


Рисунок 1 – Пульсовая кривая школьников 15-16 лет с разными соматотипами в период выполнения фартлека

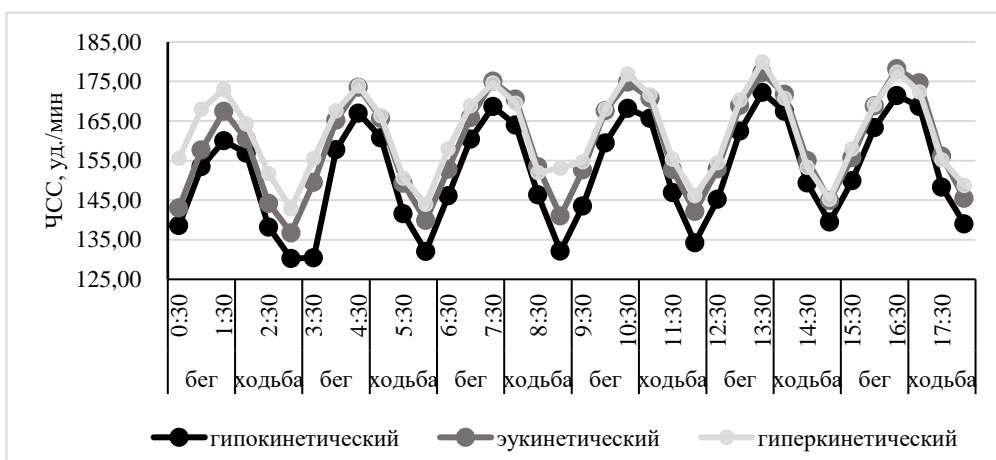


Рисунок 2 – Пульсовая кривая школьников 15-16 лет с разными типами гемодинамики в период выполнения фартлека

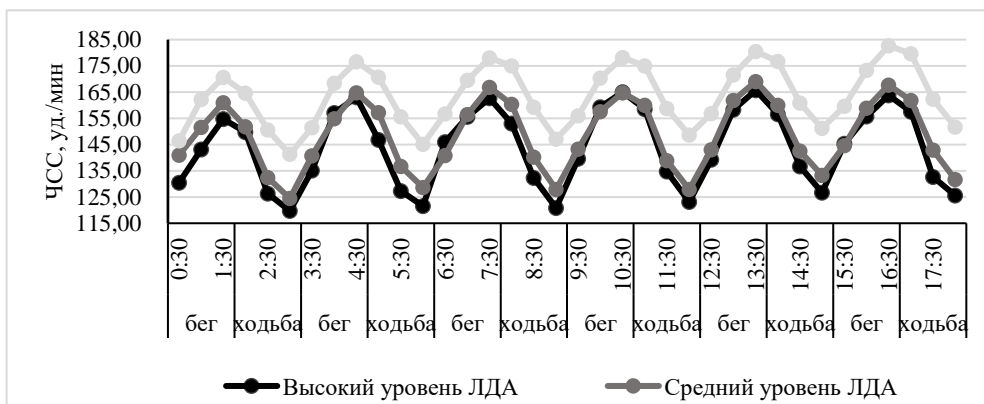


Рисунок 3 – Пульсовая кривая школьников 15-16 лет с разными уровнями локомоторной двигательной активности в период выполнения фартлека

Напомним, что практическая значимость нашей работы заключается в создании «инструмента», с помощью которого учителя ФК смогли бы грамотно и эффективно дозировать нагрузку на уроках. Смысл дозирования заключается в том, чтобы при наименьшей цене адаптации добиться максимальных результатов в оздоровлении и формировании структурно-функциональных резервов. Но, когда мы говорим про цену адаптации, всегда стоит помнить про отсроченные эффекты реакции на нагрузку, то есть про период восстановления. Ряд авторов считает, что по скорости и объему восстановления можно судить в частности о аэробных потенциях и об уровне ФП в целом [17, 18]. Наш авторский коллектив склонен согласиться с коллегами в данном вопросе. Однако, в своем предыдущем исследовании мы показали, что скорость восстановления зависит как от уровня ФП, так и от эффективности кровообращения в состоянии покоя у обучающихся 5-6 классов [15].

Достоверные отличия в скорости восстановления пульса присутствуют только в группах, где типологизация осуществлялась по уровню ЛДА. На рисунке 4 видно, что СВП у школьников с высоким уровнем ЛДА достоверно больше, чем у школьников с низким уровнем ЛДА. У них же наблюдаются различия в равномерности, а точнее в неравномерности скорости восстановления.

Лица с высоким уровнем ЛДА, как правило, имели наибольшую СВП в первой и второй трети каждого периода восстановления (ходьбы), а лица с низким уровнем ЛДА быстрее восстанавливались в третью треть (рисунок 5). СВП зависит от многих факторов, но главные – вагусная активность и скорость удаления из мышц и крови продуктов анаэробного метаболизма глюкозы: лактата и H^+ [19, 20, 21, 22]. Очевидно, что активность блуждающего нерва и белков-переносчиков лактата (MCTs) выше у школьников с высоким уровнем ЛДА, они практически готовы к выполнению очередной физической работы через минуту восстановления, тогда как школьникам с более низкими значениями ЛДА необходимо больше времени.

При разделении обследуемых на соматотипы или типы центральной гемодинамики достоверные отличия в СВП получить не удалось, как и выявить закономерности, подобные описанным выше.

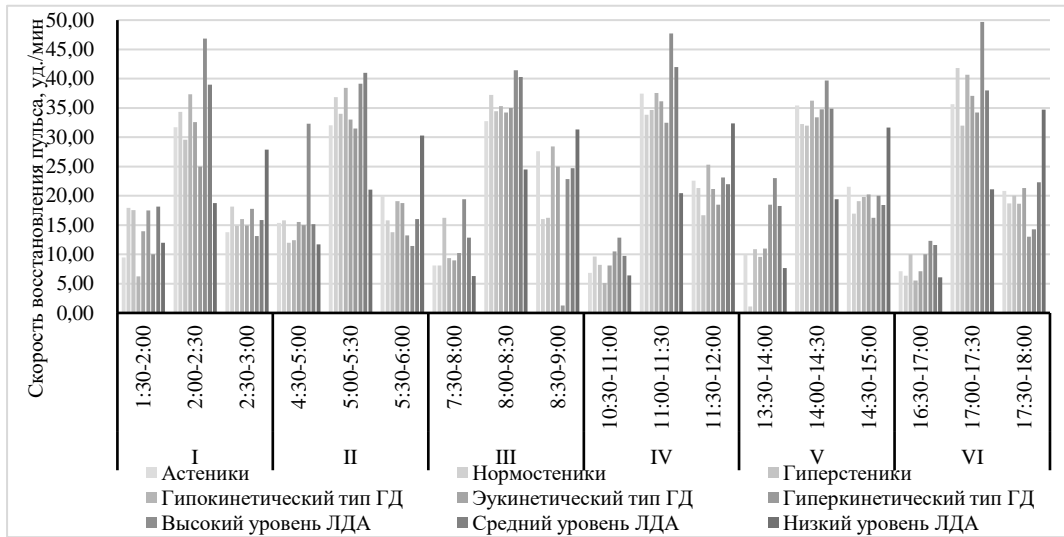


Рисунок 4 – Скорость восстановления пульса между беговыми интервалами у школьников 15-16 лет с разными соматотипами, центральной гемодинамикой и уровнем локомоторной двигательной активности (слева направо: астеники, нормостеники, гиперстеники, гипокинетический тип ГД, эукинетический тип ГД, гиперкинетический тип ГД, высокий уровень ЛДА, средний уровень ЛДА, низкий уровень ЛДА)

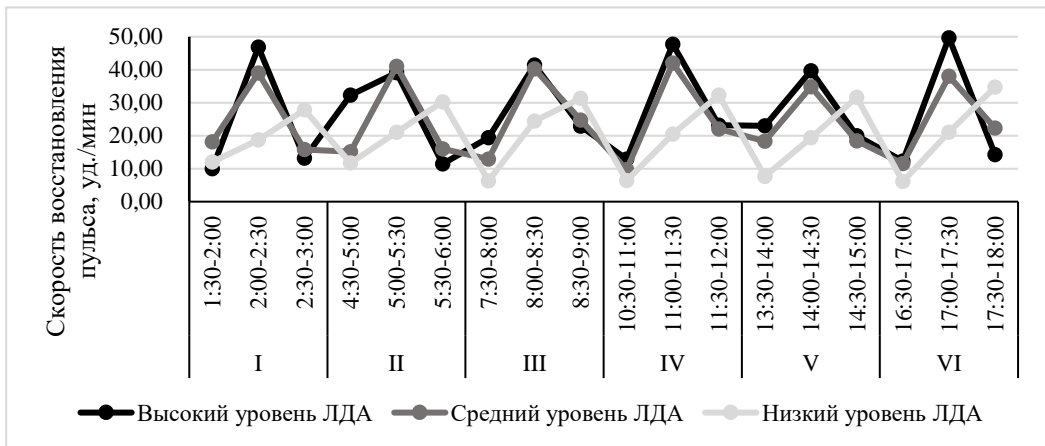


Рисунок 5 – Скорость восстановления пульса между беговыми интервалами у школьников 15-16 лет с разным уровнем локомоторной двигательной активности

Суммарный объем срочного восстановления оценивался по коэффициенту восстановления пульса и суммарному пульсовому восстановлению (рисунок 6 и таблица 4). Из рисунка 6 видно, что КВП уменьшался в ряду ГрК – ЭуК – ГпК, а также в ряду НЗ – СР – ВС. Меньшие значения КВП у ГпК и ВС, чем у ГрК и НЗ соответственно, подтверждают наше предположение о больших структурно-функциональных резервах у первых относительно вторых.

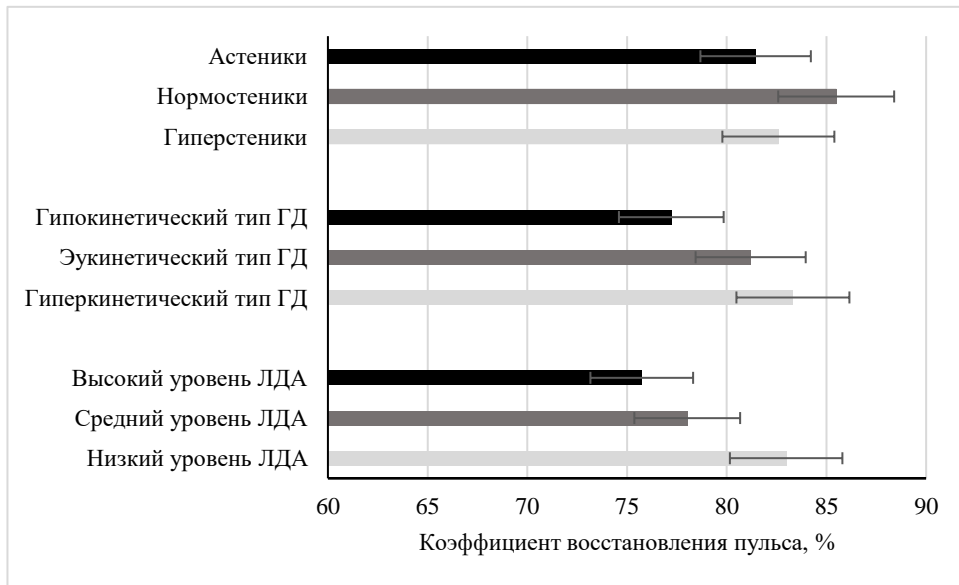


Рисунок 6 – Коэффициент восстановления пульса у школьников 15-16 лет с разными соматотипами, центральной гемодинамикой и уровнем локомоторной двигательной активности

Если СВП показывает интенсивность урежения сердцебиения, то СПВ отражает объем восстановленного пульса. Наибольшая сумма пульсового восстановления была зафиксирована у группы с высоким уровнем ЛДА, что отражает высокую адаптивность у школьников этой группы.

Само по себе изучение постнагрузочных характеристик интересно в рамках представления о том, в каком состоянии после физической работы находятся школьники. Не всегда уроки ФК стоят в расписании в конце учебного дня, как правило, обучающимся после ФК необходимо посетить другие дисциплины. Вопрос о том, насколько их организм (в частности нервная система) будет готов к усвоению нового материала, не менее важен, чем вопрос о цене адаптации.

При анализе постнагрузочных кардиоваскулярных характеристик, которые были получены через 5 минут после окончания урока ФК, был выявлен ряд закономерностей. В частности, чем выше был уровень ЛДА, тем меньше был пульс и минутный объем кровообращения, а также быстрее МОК возвращался в преднагрузочное состояние. Был выявлена пара и атипичных реакций: практически у половины испытуемых группы ГрК систолический объем покоя превышал систолический объем периода восстановления, что указывает на снижение инотропной функции миокарда в постнагрузочный период; достоверно большие значения $\Delta\text{ЧСС}_{\text{восст.-фон}}$, $\Delta\text{СОК}_{\text{восст.-фон}}$ и $\Delta\text{МОК}_{\text{восст.-фон}}$ у группы ГрК по отношению к группе ГпК говорят о более быстром восстановлении данных характеристик у лиц с менее эффективным кровообращением. Последняя закономерность нуждается в дополнительном изучении и обсуждении.

Заметим: группы школьников с разными соматотипами не отличались по показателям срочного восстановления и постнагрузочным кардиоваскулярным характеристикам.

Таблица 4 – Характеристики срочного восстановления и постнагрузочные кардиоваскулярные показатели мальчиков в возрасте 15-16 лет с разными соматотипами, центральной гемодинамикой и уровнем локомоторной двигательной активности

Показатель	Типологизация								
	Соматотип			Тип ГД			Уровень ЛДА		
	А (n = 37)	Н (n = 21)	Г (n = 15)	ГпК (n = 12)	ЭуК (n = 42)	ГрК (n = 19)	ВС (n = 12)	СР (n = 14)	НЗ (n = 47)
КВП, %	81,45 ± 4,14	85,69 ± 24,99	82,59 ± 5,10	77,22 ± 1,99	81,20 ± 5,02	83,32 ± 1,64	74,51 ± 3,48 ^	78,02 ± 4,46	82,98 ± 2,25
СПВ, уд.	194,14 ± 41,35	190,52 ± 61,97	186,11 ± 54,65	200,56 ± 33,12	196,17 ± 50,23	175,63 ± 15,09	251,00 ± 29,93 ^	220,07 ± 51,64	177,02 ± 20,93
ЧСС _{восст.} , уд./мин	117,41 ± 11,02	114,30 ± 13,16	122,11 ± 10,26	111,44 ± 5,81	116,50 ± 13,08	126,38 ± 7,01	98,57 ± 7,66 ^	109,00 ± 10,17	121,91 ± 6,31
САД _{восст.} , мм рт. ст.	124,00 ± 11,89	129,96 ± 16,33	129,44 ± 10,06	126,78 ± 6,47	126,06 ± 13,90	126,06 ± 9,90	118,29 ± 7,64	120,57 ± 6,92	129,80 ± 8,86
ДАД _{восст.} , мм рт. ст.	69,50 ± 6,74	76,35 ± 10,59	67,56 ± 8,90	70,00 ± 4,78	69,92 ± 14,08	69,92 ± 10,08	74,57 ± 2,77	72,57 ± 4,50	68,70 ± 8,93
ПД _{восст.} , мм рт. ст.	54,89 ± 11,47	53,61 ± 10,86	61,89 ± 11,99	56,78 ± 8,78	56,13 ± 14,35	56,13 ± 11,38	43,71 ± 6,78	48,00 ± 6,99	61,11 ± 9,84
СОК _{восст.} , мл	71,56 ± 9,72	66,83 ± 15,13	76,26 ± 13,05	72,24 ± 6,90	71,90 ± 12,44	68,95 ± 9,28	62,83 ± 3,90	65,98 ± 5,30	75,26 ± 7,75
МОК _{восст.} , л/мин	8,42 ± 1,45	7,64 ± 1,99	9,36 ± 1,88	8,10 ± 0,95	8,40 ± 2,24	8,77 ± 1,40	6,15 ± 0,33 ^	7,18 ± 0,83	9,18 ± 1,13
ДЧСС _{восст.-фон.} , уд./мин	27,76 ± 9,57	26,61 ± 10,51	28,56 ± 4,82	38,67 ± 4,41 ^	27,10 ± 9,77	18,13 ± 5,74	27,86 ± 6,90	29,50 ± 9,61	27,93 ± 5,18
ΔСОК _{восст.-фон.} , мл	6,32 ± 14,25	3,05 ± 14,27	12,63 ± 13,11	17,79 ± 8,39 ^	8,27 ± 17,60	-4,71 ± 5,58	4,06 ± 2,23	1,38 ± 5,53	10,71 ± 7,39
ΔМОК _{восст.-фон.} , л/мин	2,52 ± 1,83	1,98 ± 1,81	3,40 ± 1,42	4,17 ± 1,00 ^	2,73 ± 1,95	0,78 ± 0,95	2,00 ± 0,17 ^	2,02 ± 0,90	3,10 ± 0,43

Примечание: обозначены статистически значимые различия ($p < 0,05$) от величин соответствующих показателей. В графе «Соматотип»: * – нормостеники, ^ – гиперстеники. В графе «Тип гемодинамики»: * – эукинетический, ^ – гиперкинетический. В графе «Уровень локомоторной двигательной активности»: * – средний, ^ – низкий.

В нашей работе мы сравнили энерготраты и количество работы, совершенное группами, сформированными по разным методам типологизации. Итоги анализа представлены в таблице 5. В группах, разделенных по соматотипам, наибольшее абсолютное количество работы выполнили гиперстеники, что очевидно, ведь они обладают наибольшей массой тела. Относительное количество было сопоставимым во всех трех группах. Астеники затратили меньше ккал на выполнение фартлека, чем гиперстеники, при этом энерготраты были меньше как при беге, так и при ходьбе.

При делении школьников на типы ГД, нам не удалось выявить ни одного достоверного отличия между группами и ни одной закономерности. В данных условиях представленные показатели выполненной работы и энергообмена были одинаковы в группах ГпК, ЭуК и ГрК.

Группы ВС и НЗ различались по количеству выполненной работы (лица с низким уровнем ЛДА в среднем выполняли достоверно больше работы на кг массы тела, чем лица с более высоким уровнем ЛДА) и по количеству затраченных ккал (лицам с низким уровнем ЛДА во время физической нагрузки приходилось тратить больше киллокалорий, чем лицам с более высоким уровнем ЛДА, что показано достоверными отличиями в оА, ЭТ_{ходьба} и оЭТ_{сумма}).

Таблица 5 – Сумма выполненной работы и энергетические траты мальчиков в возрасте 15-16 лет с разными соматотипами, центральной гемодинамикой и уровнем локомоторной двигательной активности

Показатель	Типологизация								
	Соматотип			Тип ГД			Уровень ЛДА		
	А (n = 37)	Н (n = 21)	Г (n = 15)	ГпК (n = 12)	ЭуК (n = 42)	ГрК (n = 19)	BC (n = 12)	CP (n = 14)	НЗ (n = 47)
А, Дж	710,39 ± 98,61 ^	752,33 ± 124,51	1029,86 ± 124,51	783,75 ± 57,55	765,42 ± 45,13	765,42 ± 45,13	662,78 ± 40,32	705,97 ± 88,32	805,34 ± 69,88
оА, Дж/кг	12,81 ± 1,47	12,18 ± 1,43	13,26 ± 1,43	11,88 ± 0,66	12,74 ± 1,76	12,74 ± 1,76	10,87 ± 0,41 ^	11,42 ± 1,05	13,48 ± 0,72
ЭТ _{бег} , ккал	88,50 ± 11,03 ^	94,63 ± 14,32	128,77 ± 14,00	98,23 ± 7,47	95,74 ± 18,10	91,80 ± 14,57	86,55 ± 6,94	90,46 ± 11,97	98,65 ± 9,24
ЭТ _{хольба} , ккал	81,17 ± 12,91	85,06 ± 16,19	117,20 ± 16,68	88,97 ± 7,18	87,08 ± 19,44	83,23 ± 14,84	71,75 ± 5,50 ^	78,16 ± 10,04	93,70 ± 7,87
ЭТ _{сумма} , ккал	169,67 ± 23,55 ^	179,69 ± 29,74	245,98 ± 29,74	187,19 ± 13,75	182,82 ± 37,05	175,03 ± 29,29	158,30 ± 9,63	168,62 ± 17,09	192,35 ± 16,69
оЭТ _{сумма} , ккал/кг	3,06 ± 0,35	2,91 ± 0,34	3,17 ± 0,34	2,84 ± 0,16	3,04 ± 0,42	3,12 ± 0,22	2,60 ± 0,10 ^	2,73 ± 0,25	3,22 ± 0,17

Примечание: обозначены статистически значимые различия (p < 0,05) от величин соответствующих показателей. В графе «Соматотип»: * – нормостеники, ^ – гиперстеники. В графе «Тип гемодинамики»: * – зукинетический, ^ – гиперкинетический. В графе «Уровень локомоторной двигательной активности»: * – средний, ^ – низкий.

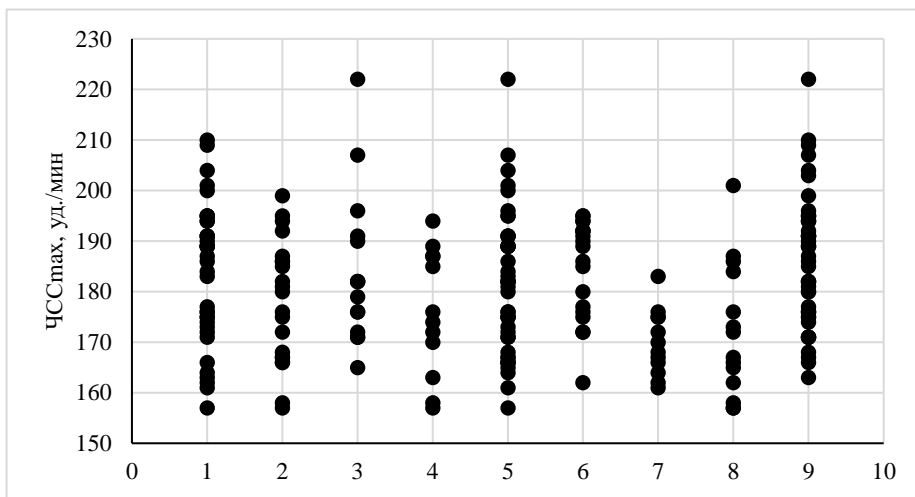


Рисунок 7 – Распределение ЧСС_{max} у мальчиков в возрасте 15-16 лет с разными соматотипами, центральной гемодинамикой и уровнем локомоторной двигательной активности (1 – астеники, 2 – нормостеники, 3 – гиперстеники, 4 – гипокинетический тип ГД, 5 – зукинетический тип ГД, 6 – гиперкинетический тип ГД, 7 – высокий уровень ЛДА, 8 – средний уровень ЛДА, 9 – низкий уровень ЛДА)

Проводя анализ целостной картины исследования, можно говорить о том, что деление школьников по соматотипам не дало возможности утверждать, какой соматотип лучше справлялся с нагрузкой. Более убедительные, но все же спорные данные были получены и при делении школьников на типы центральной гемодинамики. Лучшим образом себя проявило деление обследуемых по уровням локомоторной двигательной активности: при исследовании реакции в группах ВС, СР и НЗ было получено наибольшее количество достоверных отличий, что отражает разную силу кардиоваскулярной реакции на нагрузку. По нашему мнению, на основании последнего можно дозировать нагрузку на уроках ФК для наиболее эффективной оптимизации методики построения занятий. Однако добавим, что даже в наиболее эффективной типологизации по данным нашего исследования были обнаружены совершенно разные варианты кардиоваскулярной реакции на физическую нагрузку. На рисунке 7 представлены значения $ЧСС_{max}$ в зависимости от уровня ЛДА, а на рисунке 8 показаны графики пульсовой кривой и СВП у двух испытуемых с высоким уровнем ЛДА.

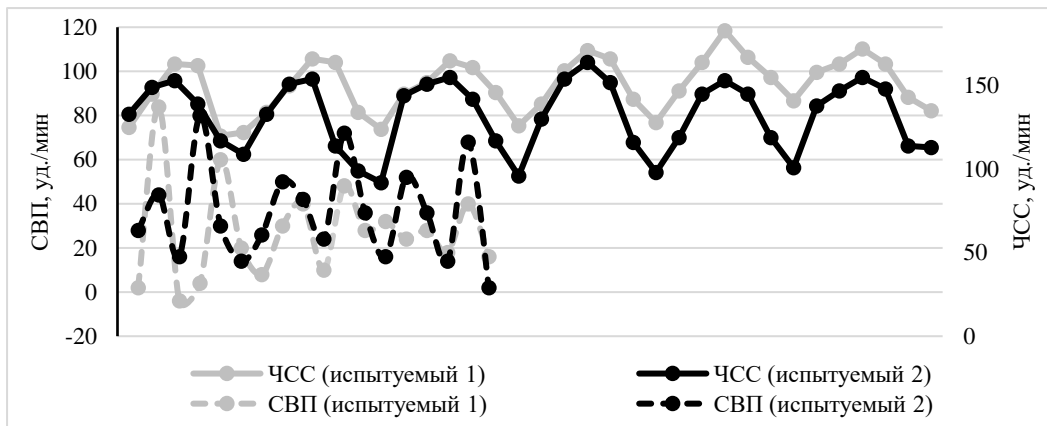


Рисунок 8 – Скорость восстановления пульса и пульсовая кривая у двух мальчиков 15-16 лет с высоким уровнем локомоторной двигательной активности

На рисунке 7 видно, как сильно отличаются значения $ЧСС_{max}$ даже у лиц, принадлежащих к одним типологическим группам.

Рисунок 8 демонстрирует нам две разные по силе реакции сердечно-сосудистой и регуляторной систем у испытуемых с одним уровнем локомоторной двигательной активности. Интересно, что оба испытуемых относятся к одному соматотипу (астеники) и к одному типу центральной гемодинамики (эукинетический тип ГД).

Заключение

Анализ и изложение полученных экспериментальных данных кардиоваскулярной реакции школьников 15-16 лет на продолжительную физическую нагрузку демонстрирует о существовании разных стратегий адаптации в популяции.

В процессе исследования обучающиеся, разделенные на несколько групп по типу телосложения, эффективности кровообращения и уровню локомоторной двигательной активности, показали в ряде случаев схожие, а в ряде случаев отличные друг от друга по силе реакции на продолжительную физическую нагрузку.

Изучение эффектов срочной адаптации и быстрого восстановления школьников с разными соматотипами не привело нас к результатам, удовлетворяющим наши запросы. После стати-

стической обработки было выявлено, что астеники и гиперстеники различаются только по малочисленному ряду морфологических (масса тела, индекс Пинье), кардиоваскулярных (относительный систолический объем крови в фоне, должный основной обмен, должный минутный объем кровообращения) и энергетических критериев (выполненная работа, энерготраты во время бега, сумма энерготрат фартлека). Нормостеники заняли промежуточное место, имея только два достоверных отличия по показателю индекс Пинье (А – Н, Н – Г).

Деление на типы центральной гемодинамики оказалось более обоснованным. Школьники с ГпК отличались от школьников с ГрК по следующим показателям: ЧССфон, ПДфон, СОКфон, оСОКфон, УИфон, МОКфон, оМОКфон, СИфон, %МОКфон, Δ ЧСС_{max-фон}, Δ ЧСС_{ср.-фон}, КВП, Δ ЧСС_{восст.-фон}, Δ СОК_{восст.-фон}, Δ МОК_{восст.-фон}. Если реакция на нагрузку была неодинаковой у групп ГпК и ГрК, то энерготраты и объем выполненной работы оказались сопоставимыми.

Наиболее пригодным методом дозирования продолжительной физической нагрузки оказалось деление по уровню двигательной активности. Величина кардиоваскулярной реакции и в ряду высокий уровень ЛДА – средний уровень – ЛДА – низкий уровень ЛДА. А вот скорость и объем восстановления пульса имели обратную тенденцию: они возрастали в ряду низкий уровень ЛДА – средний уровень ЛДА – высокий уровень ЛДА.

Резюмируя итоги исследования, можно выделить несколько вариантов дозирования нагрузки. Первый вариант: учителям ФК рекомендуется дозировать нагрузку на основе данных о локомоторной двигательной активности школьников. Хорошо подготовленным обучающимся можно предлагать выполнение большего объема работы и/или большую интенсивность нагрузки.

При невозможности точно определить уровень локомоторной двигательной активности, возможно использование второго варианта. Второй вариант: учителя ФК могут дозировать нагрузку исходя из эффективности кровообращения школьников в фоне. К примеру, учитывая, что школьники с гипокинетическим (эффективным) типом гемодинамики имеют большой хроно- и инотропный резерв миокарда, им можно предлагать выполнение суммарно большей физической работы на уроке с учетом контроля за скоростью и полнотой восстановления.

В случае, если ни первый, ни второй вариант невозможны, дозирование нагрузки осуществляется по третьему варианту. Несмотря на то, что достоверных отличий получено не было, нормостеники имели тенденцию к более быстрому и полному восстановлению, что делает возможным выделение нормостеников в отдельную группу с более высокой физической нагрузкой. А проведение соматотипирования учителями физической культуры возможно с использованием современных компьютерных технологий [23].

Вопросы одновременного учета соматотипа, типа центральной гемодинамики и уровня локомоторной двигательной активности требуют проведения повторных исследований с привлечением большего контингента.

Библиография

1. Загревская А.И., Шилько В.Г. Индивидуализация физической нагрузки в процессе физкультурного образования студентов на основе ее программирования // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 323. – С. 320-324.
2. Гончарова Г.А., Лазуренко С.Б., Дробышева М.М. Здоровьесберегающие технологии в процессе обучения детей с ограниченными возможностями здоровья // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2022. – Т. 30, № 4. – С. 673-678. – DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-4-673-678.
3. Александрова В.А., Скотникова А.В., Соловьев В.Б., Овчинников В.И. Совершенствование системы физической подготовки в младшей школе // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 12. – С. 109-111.
4. Гигиеническая оценка влияния факторов образовательного процесса и образа жизни на состояние здоровья учащихся профильных школ в условиях промышленного мегаполиса / С.

Л. Валина, Н. В. Зайцева, И. Е. Штина [и др.] // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 8. – С. 822-828. – DOI 10.47470/0016-9900-2020-99-8-822-828.

5. Eriksson U., Sellström E. School demands and subjective health complaints among Swedish schoolchildren: a multilevel study // *Scand Journal Public Health*. – 2010. – Т. 38, № 4. – С. 344-350. – Doi:10.1177/1403494810364683.

6. Janssen I., LeBlanc A.G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth // *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. – 2010. – № 40. – DOI: <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-40>.

7. Foster P.P. Role of physical and mental training in brain network configuration // *Frontiers in aging neuroscience*. – 2015. – № 7. – DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00117>.

8. Jolles D.D., Crone E.A. Training the developing brain: a neurocognitive perspective // *Frontiers in human neuroscience*. – 2012. – № 9. – DOI: 10.3389/fnhum.2012.00076.

9. Оценка уровня мобилизации функциональных резервов студенток младших курсов педагогического университета при дозированных физических нагрузках / А. И. Босенко, И. И. Самокиш, С. В. Страшко [и др.] // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2013. – № 11. – С. 3-9.

10. Is muscle growth a mechanism for increasing strength? / J.P. Loenneke, S.J. Dankel, Z.W. Bell [et al.] // *Medical hypotheses*. – 2019. – № 125. – P. 51-56. – DOI: 10.1016/j.mehy.2019.02.030.

11. Показатели сердечно-сосудистой системы и биохимический профиль юношей разных соматотипов на различных этапах нагрузочного тестирования / А. Ю. Приходько, М. С. Головин, Е. Ю. Трифанов, Р. И. Айзман // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 25-32. – Doi 10.14529/hsm240103.

12. Nobari H., Oliveira R., Clemente F.M., Pérez-Gómez J., Pardos-Mainer E., Ardigo L.P. Somatotype, Accumulated Workload, and Fitness Parameters in Elite Youth Players: Associations with Playing Position // *Children (Basel)*. – 2021. – Vol 5, № 8. – DOI: 10.3390/children8050375.

13. Аринчин Н.И. Проблема тензии и тони в норме и патологии кровообращения // *Физиология человека*. — 1978. — Т. 4, № 3. — С. 426–435.

14. 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.

15. 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: 10.15293/1813-4718.2404.09.

16. Кардиоваскулярная и вегетативная адаптация организма курсантов института гражданской авиации к разным типам локомоторной двигательной активности / А. И. Рязанцев, Е. К. Гребенников, И. Н. Гребенникова [и др.] // *Сибирский научный медицинский журнал*. – 2024. – Т. 44, № 3. – С. 108-117. – DOI: 10.18699/SSMJ20240312.

17. Rodríguez-Fernández A., Sanchez-Sanchez J., Ramirez-Campillo R., Nakamura F.Y., Rodríguez-Marroyo J.A., Villa-Vicente J.G. Relationship Between Repeated Sprint Ability, Aerobic Capacity, Intermittent Endurance, and Heart Rate Recovery in Youth Soccer Players // *Journal of strength and conditioning research*. – 2019. – vol. 33(12). – P. 3406-3413. – DOI:10.1519/JSC.0000000000002193.

18. Tomlin D.L., Wenger H.A.. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise // *Sports medicine*. – 2001. – vol. 31(1). – P. 1-11. – DOI:10.2165/00007256-200131010-00001.

19. Cole C.R., Blackstone E.H., Pashkow F.J., Snader C.E., Lauer M.S. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality // *The New England journal of medicine*. – 1999. – № 341(18). – P. 1351-1357. – DOI: 10.1056/NEJM199910283411804.

20. Storniolio J.L., Esposti R., Cavallari P. Heart Rate Kinetics and Sympatho-Vagal Balance Accompanying a Maximal Sprint Test // *Frontiers in psychology*. – 2020. – № 10. – DOI:10.3389/fpsyg.2019.02950.

21. Maciejewski H., Bourdin M., Féasson L., Dubouchaud H., Denis C., Freund H., Messonnier L. Muscle MCT4 Content Is Correlated with the Lactate Removal Ability during Recovery Following All-Out Supramaximal Exercise in Highly-Trained Rowers // *Frontiers in Physiology*. – 2016. – № 7. – DOI: 10.3389/fphys.2016.00223.

22. Ahmadi A., Sheikholeslami-Vatani D., Ghaeni S., Baazm M. The effects of different training modalities on monocarboxylate transporters MCT1 and MCT4, hypoxia inducible factor-1 α (HIF-1 α), and PGC-1 α gene expression in rat skeletal muscles // *Molecular biology reports*. – 2021. – № 48(3). – P. 2153-2161. – DOI: 10.1007/s11033-021-06224-0.

23. Шрайнер Б.А., Жомин К.М. Инновационные подходы в организации занятий физической культурой с применением компьютерных технологий // *Вестник педагогических инноваций*. – 2023. – № 4(72). – С. 77-85. – DOI: 10.15293/1812-9463.2304.06.

Об авторах

Рязанцев Андрей Игоревич, старший преподаватель кафедры теоретических основ физической культуры, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», Новосибирск, Россия; тренер-преподаватель отделения спортивного плавания, МАУДО СШОР «Центр водных видов спорта», Новосибирск, Россия. Author ID: 1186800. ORCID: 0000-0003-4441-4793. reza.a.i@mail.ru

Гребенникова Ирина Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой теоретических основ физической культуры, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», Новосибирск, Россия. Author ID: 302788. ORCID: 0009-0002-7466-3651. i160463@yandex.ru

DOSING OPTIONS FOR PROLONGED PHYSICAL ACTIVITY IN 15-16 YEAR OLD BOYS IN PHYSICAL EDUCATION CLASS

Ryazantsev A.I.^{1,2}, Grebennikova I.N.²

¹Novosibirsk State Pedagogical University

²Sports school of Olympic reserve “Aquatics Center”

Abstract

The research problem is connected with the need to solve the issues of optimizing the methodology of building physical education lessons. It is no secret that students coming to the physical education class have absolutely different level of somatic and mental health, different level of adaptation reserves of the organism and, of course, have different physical fitness. The present work is aimed at finding new ways of individualization of physical activity at school to create favorable conditions for physical and spiritual development of the young generation. The aim of the work is to study the variants of dosing of prolonged physical activity in boys of 15-16 years old. In the process of the study, cardiovascular parameters of 73 boys aged 15-16 years studying in general secondary educational institutions were studied. Also in the process of analyzing the obtained data, the results of the study of individual subjects were subjected to grouping: by somatotypes (asthenics, normostenics, hyperstenics), by types of central hemodynamics (hypokinetic type, eukinetic type, hyperkinetic type) and by the level of locomotor motor activity (high level, medium level, low level). The cardiovascular response of schoolchildren to prolonged physical activity demonstrated the presence of different adaptation strategies in the studied population, which allows us to distinguish several options for load

dosing. The first option: it is recommended that FC teachers dose the load based on data on schoolchildren's locomotor motor activity. The second option (less accurate): teachers of physical education can dose the load based on the circulatory efficiency of schoolchildren in the state of relative rest. The third option (the least accurate of the proposed options): dosing the load based on students' somatotypes. Load dosing in physical education classes remains an important part of research in the field of individualized approach to students. The results of this study open up opportunities for simultaneous consideration of somatotype, type of central hemodynamics and level of locomotor motor activity when differentiating the load within the educational process in secondary school.

Key words

health, physical education, physical load, dosing, schoolchildren, cardiovascular response