

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

ОСОБЕННОСТИ КРАТКОСРОЧНОЙ АДАПТАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ У ДЕТЕЙ 6-ЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА

А.Н.Шарапов, С.Б.Догодкина, В.Н.Безобразова,
Г.В.Кмить, Л.В.Рублева, Н.Н.Шаров
Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Методами спектрального анализа вариабельности ритма сердца, электрокардиографии, поликардиографии, биполярной реоэнцефалографии и иммуноферментного анализа проведено комплексное исследование адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам детей 6 лет. Оценена реактивность автономной нервной системы на ортостатическое воздействие и выделены 2 группы детей: с плохими и удовлетворительными адаптационными резервами (АР). Показано, что краткосрочная адаптация к динамической физической нагрузке характеризуется уменьшением длительности сердечного цикла, продолжительности электрической систолы, предсердно-желудочковой проводимости и увеличением экскреции кортизола со слюной. Выявлено наличие двух основных фазовых синдромов: гипердинамии и гиподинамии миокарда. У детей 6 лет краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к локальной статической нагрузке характеризовалась снижением пульсового кровенаполнения и повышением тонуса крупных церебральных артерий при существенном повышении ЧСС.

Methods of the spectral analysis of heart rate variability, electrocardiography, poly-cardiography, bipolar rheoencephalography and immune-enzyme assay were used for complex research of cardiovascular system adaptation to exercise in 6 year-old children. Reaction of autonomic nervous system to orthostatic impact was estimated and 2 groups of children were formed: with poor and satisfactory adaptation reserves (AR). Short-term adaptation to dynamic physical exercise is characterized by decreased heart cycle, electrical systole and atrioventricular conduction and increased salivary excretion of cortisol. Two basic phase syndromes, i.e. hyperdynamia and hypodynamia of the myocardium, were revealed. In 6-year-old children adaptation of cerebral circulation to local static loading was characterized by decreased pulse volume and increased tension of large cerebral arteries at significant elevation of the heart rate.

Key words: short-term adaptation, cardiovascular system, children

Адаптация организма ребенка к изменяющимся условиям внешней среды представляет собой один из важнейших вопросов возрастной физиологии. Адаптация – процесс, обязательно регулируемый нейрогуморальными механизмами, которые с возрастом претерпевают существенные изменения и окончательно формируются только в старшем школьном возрасте. Одним из объективных индикаторов изменений процесса срочной адаптации считается вариабельность

сердечного ритма, между тем, практически отсутствуют исследования по оценке вариабельности ритма сердца у детей 6 лет.

Филогенетически древней, но от того не менее важной регуляторной системой организма, обеспечивающей адаптацию к изменяющимся условиям внешней среды, является гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система. Конечное звено этой системы – кора надпочечников, секретирующая глюкокортикоидные гормоны, в том числе кортизол, и лимитирующая энергозатраты организма в различных физиологических и неординарных условиях жизнедеятельности организма. При нагрузках различного характера, в том числе физических, потребность в энергосубстратах возрастает, и адекватное обеспечение этих нагрузок зависит от оптимальной работы коры надпочечников.

Ведущую роль в адаптации организма к воздействию факторов внешней среды играет сердечно-сосудистая система. Функциональное состояние системы кровообращения является своего рода индикатором, как срочной, так и долговременной адаптации к различным видам деятельности.

Цель исследования – изучить особенности краткосрочной адаптации центрального и периферического отделов сердечно-сосудистой и нейроэндокринной систем к умеренной физической и локальной статической нагрузкам у детей 6-летнего возраста.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено комплексное исследование, включавшее изучение автономной нервной регуляции сердечного ритма, сократительной функции и биоэлектрических характеристик миокарда, мозговую гемодинамику и уровень кортизола в слюне у детей 6 лет.

Обследовано 40 детей 6 лет, относящихся к I–II группам здоровья, посещающих детский сад №1221 г. Москвы. Исследование проводили в первой половине дня (с 9 до 13 часов) – период наибольшей активности физиологических функций.

Изучение автономной нервной регуляции сердечного ритма (СР) проводили методом спектрального анализа вариабельности ритма сердца (ВРС). Этим методом определяются следующие параметры: общая мощность спектра (TP, мс²); высокочастотные колебания (HF, мс², п.у., %); низкочастотные колебания (LF, мс², п.у., %); очень низкочастотные колебания (VLF, мс², п.у., %); мощность в диапазоне высоких частот, выраженная в нормализованных единицах: $HF_{п.у.} = HF / (TP - VLF) * 100$; мощность в диапазоне низких частот, выраженная в нормализованных единицах: $LF_{п.у.} = LF / (TP - VLF) * 100$; Отношение LF/HF – характеризует баланс симпатических и парасимпатических влияний.

Применяли активную ортостатическую пробу для определения следующих показателей: «адаптационные резервы» (АР) – отражает степень активации симпатoadреналовой системы относительно исходного уровня и реактивность парасимпатического отдела АНС; «функциональное состояние» (ФС) – характеризует текущее функциональное состояние организма [13].

Возбудимость и проводимость миокарда изучались с помощью метода электрокардиографии. Регистрация ЭКГ осуществлялась в 12 общепринятых отведе-

ниях. Длительность интервалов и зубцов ЭКГ определялась по данным II стандартного отведения.

Определялись следующие показатели: длительность сердечного цикла RR; продолжительность предсердно-желудочковой проводимости PQ; продолжительность внутрижелудочковой проводимости QRS; длительность электрической систолы желудочков QT; длительность зубцов P, Q и R; амплитуда зубцов P, Q, R, S, T.

Сократительная функция миокарда изучалась методом поликардиографии. Проводилась синхронная регистрация ЭКГ во II стандартном отведении, фонокардиограммы с точки Боткина и каротидной сфигмограммы с помощью прибора Поли-Спектр-12. Анализ поликардиограммы базировался на сопоставлении элементов записанных кривых во времени по методике В.Л. Карпмана [8]. С помощью компьютерной обработки кривых вычисляли следующие параметры: продолжительность сердечного цикла (R–R), фаза асинхронного сокращения (ФАС), фаза изометрического сокращения (ФИС), период напряжения (Т), период изгнания (Е), механическая систола (Sm), общая систола (So), электрическая систола (Sэ), диастолический интервал (D). Все величины измерены в миллисекундах.

Помимо указанных показателей, получаемых при непосредственном анализе кривых, определи ряд производных или относительных величин: индекс напряжения миокарда (ИНМ); внутрисистолический показатель (ВСП); механический коэффициент Блумбергера.

Концентрацию кортизола в слюне определяли с помощью наборов для иммуноферментного анализа Института биоорганической химии Белорусии, специально модифицированных для этой цели.

При изучении возбудимости, проводимости и сократительной функции миокарда, а также при определении уровня кортизола в слюне в качестве функциональной пробы в работе была использована динамическая нагрузка: модифицированная проба Летунова (10 приседаний за 30 секунд). Регистрация всех параметров ЭКГ, ПолиКГ и забор проб слюны производились в исходном состоянии и сразу после нагрузки.

Мозговое кровообращение изучалось методом биполярной реоэнцефалографии [23]. Регистрация реоэнцефалограмм проводилась при помощи компьютерного реографа «Реоспектр» в бифронтальном (F–F) отведении, что позволяло получать информацию о кровообращении лобных областей больших полушарий головного мозга.

Вычислялись следующие параметры: амплитуды пульсовой волны (А,ом), показатели, характеризующие тонус артерий головного мозга большого, среднего (а/Т,%) и малого калибра (дикротический индекс, di %), а также определялась частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин).

В качестве функциональной пробы использовалась локальная статическая нагрузка на мышцы предплечья. Локальная статическая нагрузка задавалась с помощью кистевого баллонного динамометра, составляла 30% от максимального произвольного усилия и выполнялась испытуемыми до отказа. Регистрация пара-

метров РЭГ проводилась в состоянии покоя, в процессе выполнения нагрузки, на 10-й секунде, 1-й и 5-й минутах восстановительного периода.

Экспериментальные данные обработаны общепринятыми методами вариационной статистики. Степень достоверности различий между показателями в исходном состоянии и после нагрузки определялась по критерию Стьюдента. Во всех случаях граничным считался уровень значимости при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование variability сердечного ритма детей 6 лет в состоянии относительного покоя (табл.1) показало, что значения спектральных и временных показателей ВРС соответствуют таковым, приводимым в работах последних лет [13, 7, 24, 25, 26]. У всех обследованных детей частотный спектр ВРС характеризовался хорошо выраженными волнами высокой, низкой и очень низкой частот. При этом у большинства обследованных школьников суммарная мощность спектра в диапазонах низких и высоких частот доминировала над величинами мощности спектра в очень низкочастотном диапазоне. Это свидетельствует о преобладании модулирующего симпато-парасимпатического регуляторного влияния над гуморально-метаболическим и центральными эрготропными регуляторными стимулами [13, 28].

Таблица 1

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у детей 6 лет ($M \pm m$)

Показатели									
TP, мс ²	VLF, мс ²	LF, мс ²	HF, мс ²	LF п. у.	HF п. у.	LF/HF	%VLF	%LF	%HF
7537,8 ±743,3	2432,6 ±857,6	2071,9 ±372,7	3033,2 ±492,4	39,3 ±2,4	56,2 ±2,4	0,904 ±0,077	26,3 ±2,4	31,8 ±2,0	41,8 ±2,7

Среди обследованных детей 6 лет преобладают дети с парасимпатическим типом автономной нервной регуляции СР (46% детей), у 18% детей – сбалансированный тип регуляции СР и у 36% детей отмечено усиление симпатической активности в автономной регуляции СР. По данным ряда авторов [5, 27] данный возраст характеризуется усилением влияния парасимпатического отдела АНС и снижением активности центрального контура регуляции.

На основании реакции сердечного ритма на активную ортостатическую пробу и характера спектра мощности ВРС были рассчитаны показатели функционального состояния и адаптационных резервов [13]. Показаны существенно более высокие показатели функционального состояния у детей с преобладанием парасимпатической активности ВРС (табл.2), а адаптационные резервы в этой группе приобретают положительные значения, что свидетельствует об удовлетворительных адаптационных резервах в данной группе детей.

Проведенный анализ ЭКГ показал, что абсолютные значения большинства показателей ЭКГ обследованных детей в целом соответствуют возрастным нормативам, представленным в литературе [17, 19]. Данные о длительности интервалов и амплитуде зубцов ЭКГ представлены в таблицах 3,4.

Таблица 2

Величины показателей «функционального состояния» и «адаптационные резервы» организма детей 6 лет, относящихся к разным типам автономной нервной регуляции СР ($M \pm m$)

Группа	Показатели	
	Функциональное состояние (ФС)	Адаптационные резервы организма (АР)
Симпатотоники	6,0±0,96	-0,75±0,80
Нормотоники	7,7±0,56	-0,83±0,59
Ваготоники	11,2±0,87*	2,1±0,54*

Примечание: * – достоверные различия в сравнении с другими группами

В исследовании была также изучена частота встречаемости некоторых функциональных изменений ЭКГ у детей 6 лет. У значительной части детей наблюдались различные нарушения хронотропной функции миокарда. У 43% обследованных дошкольников встречалась синусовая аритмия, в том числе у 8% – выраженная. В 11% случаев наблюдалась синусовая тахикардия. У 7% детей регистрировались нарушения проведения в предсердиях. В 39% случаев отмечались нарушения внутрижелудочковой проводимости. Признаки нарушения процессов реполяризации миокарда наблюдались у 7% детей, а у 5% испытуемых регистрировалась электрическая альтернация.

Высокая распространенность различных функциональных нарушений сердечного ритма является одной из отличительных особенностей хронотропной функции сердца в детском возрасте и отмечается в исследованиях большого числа авторов [10, 15, 19, 22]. В частности, тахикардия на данном этапе онтогенеза, возможно, обусловлена положительным хронотропным эффектом со стороны симпатических нервов.

Функциональные изменения миокарда, такие как нарушения проведения в предсердиях, электрическая альтернация, нарушения внутрижелудочковой проводимости, нарушения процессов реполяризации миокарда связаны, вероятно, с морфологическим и функциональным созреванием сердечной мышцы на данном этапе онтогенеза, а также с гетерохронностью процессов роста и развития сердца.

Динамическая нагрузка вызывала у детей 6-летнего возраста следующие изменения ЭКГ (табл.3,4). У всех обследованных дошкольников укорачивалась элек-

трическая систола, у большинства детей уменьшалось время предсердно-желудочковой проводимости. Общая длительность сердечного цикла у большей части детей уменьшалась.

У детей 6 лет при нагрузке отмечалось некоторое увеличение амплитуды зубца Р во II стандартном отведении, значительно менее выраженное, чем у детей более старшего возраста [17]. Амплитуда зубца Т во II стандартном и грудных отведениях V2 – V6 существенно уменьшалась.

Увеличение амплитуды зубца Р во II стандартном отведении связано, вероятно, с интенсификацией деятельности предсердий в ответ на нагрузку. Недостоверность отмеченных изменений, возможно, обусловлена относительно более низкой исходной величиной зубца РII у детей 6 лет по сравнению с детьми старшего возраста. По нашим данным увеличение этого показателя более, чем в три раза наблюдается от 7 к 8 годам [17].

Таблица 3

Временные характеристики основных зубцов и интервалов ЭКГ детей 6-летнего возраста в покое и при нагрузке ($M \pm m$)

Период исследования	Показатели						
	R–R, с	P–Q, с	QRS, с	QT, с	P, с	Q, с	R, с
покой	0,692±	0,128±	0,090±	0,350±	0,0957±	0,0118±	0,0426±
	0,0349	0,0070	0,0033	0,0115	0,0023	0,0047	0,0060
нагрузка	0,639±*	0,126±	0,087±	0,337±*	0,0968±	0,0109±	0,0411±
	0,0356	0,0074	0,0028	0,0078	0,0021	0,0043	0,0021

Примечание: * – достоверность различий по сравнению с состоянием покоя

Некоторое уменьшение амплитуды зубца Т во II стандартном и грудных V3–V6 отведениях в ответ на нагрузку является особенностью ответной реакции у детей данного возраста. Как показали наши более ранние исследования с возрастом количество детей, реагирующих на нагрузку увеличением зубца Т, возрастает [17].

Уменьшение общей длительности сердечного цикла, времени предсердно-желудочковой проводимости и электрической систолы в ответ на нагрузку свидетельствует об усилении влияний на миокард со стороны симпатического отдела автономной нервной системы.

Поликардиографическое исследование показало, что абсолютные величины параметров сократительной функции миокарда детей 6 лет соответствуют литературным данным и не различаются у мальчиков и девочек [6, 9, 16, 20].

Результаты корреляционного и факторного анализов позволили выявить зависимость между продолжительностью сердечного цикла (R–R), электрической систолой и диастолической паузы. Продолжительность фазы изометриче-

Таблица 4

Амплитудные характеристики основных зубцов ЭКГ детей
6-летнего возраста в покое и при нагрузке ($M \pm m$)

Период исследования	Отвед.	Показатели				
		P, мм	Q, мм	R, мм	S, мм	T, мм
покой	II	1,175 $\pm 0,065$	-0,4179 $\pm 0,125$	11,09643 $\pm 1,116$	-2,8286 $\pm 0,579$	3,76786 $\pm 0,392$
	V1	0,65714 $\pm 0,038$	0	5,04286 $\pm 0,895$	-8,0179 $\pm 0,719$	-1,8429 $\pm 0,573$
	V2	0,65357 $\pm 0,063$	0	11,61786 $\pm 1,179$	-20,3536 $\pm 1,697$	1,16429 $\pm 0,032$
	V3	0,48214 $\pm 0,028$	0	13,84286 $\pm 2,091$	-16,1 $\pm 1,296$	3,74286 $\pm 0,212$
	V4	0,52143 $\pm 0,091$	-0,0929 $\pm 0,058$	15,41071 $\pm 1,134$	-11,2214 $\pm 0,774$	5,15714 $\pm 0,266$
	V5	0,57143 $\pm 0,096$	-0,5393 $\pm 0,027$	15,87857 $\pm 0,890$	-5,6464 $\pm 0,184$	5,62857 $\pm 0,268$
	V6	0,56071 $\pm 0,078$	-0,8036 $\pm 0,042$	9,63214 $\pm 1,030$	-1,5179 $\pm 0,288$	3,30714 $\pm 0,272$
нагрузка	II	1,22857 $\pm 0,035$	-0,3821 $\pm 0,028$	10,78929 $\pm 1,503$	-2,9321 $\pm 0,324$	3,31429* $\pm 0,252$
	V1	0,65 $\pm 0,012$	0	5,03571 $\pm 0,838$	-7,9536 $\pm 0,988$	-1,7214 $\pm 0,485$
	V2	0,70357 $\pm 0,021$	0	11,43214 $\pm 1,979$	-19,8643 $\pm 1,662$	0,68929* $\pm 0,119$
	V3	0,53571 $\pm 0,098$	0	13,76071 $\pm 0,906$	-17,8857 $\pm 1,706$	3,16786 $\pm 0,289$
	V4	0,56429 $\pm 0,065$	-0,0857 $\pm 0,025$	15,68571 $\pm 1,116$	-11,1214 $\pm 0,579$	4,75357 $\pm 0,392$
	V5	0,56786 $\pm 0,096$	-0,4714 $\pm 0,027$	14,61786 $\pm 0,890$	-5,9786 $\pm 0,184$	4,875* $\pm 0,268$
	V6	0,56071 $\pm 0,080$	-0,7857 $\pm 0,042$	9,28571 $\pm 2,000$	-1,6893 $\pm 0,488$	2,93214 $\pm 0,272$

Примечание: обозначения см. табл. 3

ского сокращения (ФИС) имела отрицательные коэффициенты корреляции с адаптационным резервом организма (АР) и уровнем функционирования сердечно-сосудистой системы (УФ), а продолжительность фазы асинхронного сокращения – отрицательный коэффициент корреляции с показателем LF/HF. Как показано в ряде исследований на продолжительность фазы изометрического сокращения оказывают влияние: венозный приток крови к сердцу, величина диастолического давления в крупных сосудах, сократительная способность миокарда, степень пресистолического напряжения миокарда [2, 8, 20]. Фаза изометрического сокращения характеризует сократительные свойства миокарда, в этой фазе расходуется большое количество энергии. Предполагается, что длительность фазы асинхронного сокращения определяется обменом веществ в миокарде, который регулирует скорость распространения деполяризации в миокарде, а также состоянием тонуса миокарда, проводящей системы и клапанного аппарата.

При изучении реакции сократительной функции миокарда на физическую динамическую нагрузку было показано (табл.5), что у детей 6 лет происходят существенные перестройки фазовой структуры сердечного цикла в ответ на нагрузку (синдромы гипердинами и гиподинамии миокарда по В.Л. Карпману).

Таблица 5

Длительность фаз сердечного цикла при физической динамической нагрузке у детей 6 лет ($M \pm m$)

Фазовый синдром	Период исслед.	R–R	ФАС	ФИС	T	E	Sm	ИНМ
Гипер динамии	Покой	795.9 ±20.3	57.4 ±0.83	29.0 ±0.68	86.4 ±1.24	247.2 ±1.34	276.2 ±2.50	26.1 ±1.81
	Нагрузка	729.7 ±21.0	56.4 ±0.75	24.4 ±1.08*	81.8 ±1.35	234.5 ±0.94*	259.0 ±2.03*	26.0 ±1.13
Гипо динамии	Покой	661.2 ±19.3	54.2 ±0.94	24.5 ±0.48	78.6 ±1.28	221.8 ±0.98	246.3 ±1.84	26.3 ±1.07
	Нагрузка	635.8 ±20.6	56.1 ±0.88	32.1 ±0.68*	88.3 ±1.12*	193.2 ±1.21*	225.3 ±1.60*	31.8 ±0.99*

Примечание: * – достоверность различий по сравнению с состоянием покоя.

У большинства детей (39,3%) на физическую динамическую нагрузку отмечался фазовый синдром гипердинамии миокарда, который проявлялся в укорочении фазы изометрического сокращения, снижении времени изгнания крови и механической систолы. У 25% детей отмечен фазовый синдром гиподинамии миокарда, т.е. удлинение периода напряжения за счет фазы изометрического сокращения, снижение времени изгнания крови и механической систолы, а также увеличение индекса напряжения миокарда.

Гипердинамический тип реакции является, по мнению ряда авторов, более благоприятным и свидетельствует о хороших функциональных резервах сердца [8, 18, 20]. Предполагается, что гипердинамический синдром перестройки сократительной функции миокарда является результатом повышенной активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, а гиподинамический – парасимпатического отдела [6, 11, 12, 20].

Среди обследованных 6-летних детей преобладали дети с парасимпатическим типом автономной нервной регуляции сердечного ритма (46%). Известно, что характер и выраженность изменений тонических регуляторных воздействий АНС на сердечный ритм во время нагрузки зависит от исходного состояния автономной нервной системы. Можно предположить, что в ответ на физическую динамическую нагрузку у этих детей происходит сдвиг АНС в сторону усиления симпатических влияний на сердечный ритм.

Изучение **концентрации кортизола в слюне** у детей 6 лет показало, что в исследованный период с 10 до 12 часов дня базальная экскреция кортизола со слюной составляла от 15.6 нмоль/л до 28.9 нмоль/л, в среднем $16,2 \pm 3,5$ нмоль/л. У обследованных детей данной группы в ответ на кратковременную физическую нагрузку экскреция кортизола со слюной возрастала и в среднем составила $18,0 \pm 2,9$ нмоль/л.

Динамика изменений уровня кортизола в слюне свидетельствует о том, что при кратковременной физической нагрузке у всех детей 6 лет наблюдалась активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Как было выявлено в наших более ранних исследованиях, у детей 5 лет после выполнения аналогичной нагрузки наблюдались разнонаправленные изменения экскреции кортизола: увеличение, снижение и отсутствие реакции. Активацию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в ответ на кратковременную физическую нагрузку можно рассматривать как положительную реакцию. Как известно, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система проходит ряд этапов развития. Исходя из результатов собственных исследований и данных литературы [4, 29] можно предположить, что один из таких этапов заканчивается в 6-летнем возрасте. В 5-летнем возрасте продолжается активное формирование гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, поэтому у части детей этого возраста она еще не способна достаточно адекватно реагировать на подобные нагрузки.

Результаты изучения **кровообращения головного мозга** детей 6 лет представлены в таблице 6. Нами не выявлено достоверных различий изученных параметров мозгового кровообращения между мальчиками и девочками.

Локальная статическая нагрузка вызывала у детей 6 лет значительные изменения параметров мозгового кровообращения (табл.6). Наблюдалось достоверное снижение амплитуды РЭГ и увеличение показателя a/T ($t=4.2-5.1$), а также возрастание ЧСС на 10,4 %. На 10 секунде восстановительного периода отмечено сохранение низких величин амплитуды РЭГ, а также снижение a/T до исходных значений. На 1 минуте восстановительного периода величины изученных показателей не отличались от уровня покоя.

Таким образом, статическая нагрузка вызывала у детей 6 лет значительное снижение пульсового кровенаполнения и повышение тонуса крупных артерий головного мозга, а также возрастание ЧСС.

Таблица 6

Показатели мозгового кровообращения детей 6 лет в покое и при действии локальной статической нагрузки ($M \pm m$)

Период исследования	Показатели (F-F1)			
	A,ом	di,%	a/T,%	ЧСС, уд.мин
И.С.	0,165±0,0108	75,6±2,02	20,2±0,26	96,6±2,17
Н.	0,146±0,0104*	78,2±2,52	23,0±0,13*	106,7±2,30
10 с в.п.	0,150±0,0100*	76,6±2,41	19,9±0,27	100,5±2,17
1 м в.п.	0,159±0,0106	78,4±2,66	20,1±0,24	95,7±2,17
5 м в.п.	0,167±0,0107	74,3±2,63	20,3±0,73	97,0±2,17

Примечание: И.С. – исходное состояние; Н – нагрузка; в.п. – восстановительный период;

* – достоверные отличия показателей по сравнению с исходным состоянием

Проведенное исследование показало, что статическая нагрузка вызывала у детей 6 лет значительное снижение пульсового кровенаполнения и повышение тонуса крупных артерий головного мозга. Выявленные у детей 6 лет изменения мозгового кровообращения согласуются с результатами исследований, показавших снижение объемного мозгового кровотока и повышение тонуса крупных мозговых артерий у дошкольников при использовании данной пробы [1, 21]. Выявленное у 6-летних детей повышение тонуса крупных церебральных артерий сопровождалось возрастанием ЧСС. Согласно имеющимся исследованиям локальная статическая нагрузка вызывает генерализованную реакцию сердечно-сосудистой системы, характеризующуюся возрастанием ударного и минутного объема сердца, ЧСС и артериального давления [3, 14, 21]. Следовательно, выявленные изменения тонического напряжения крупных церебральных артерий можно расценивать как проявление ауторегуляции мозгового кровообращения при изменениях центральной гемодинамики.

ВЫВОДЫ

1. В структуре вариабельности сердечного ритма у детей 6 лет отмечено смещение вегетативного баланса в управлении сердечным ритмом в сторону преобладания парасимпатических нервных влияний.

2. Выявлены дети 6 лет с плохими и удовлетворительными адаптационными резервами. Дети с плохими адаптационными резервами характеризовались

высокими значениями мощности низких и сверхнизких колебаний сердечного ритма. Среди детей с удовлетворительными адаптационными резервами преобладали дети с парасимпатическим типом автономной нервной регуляции.

3. Особенностью биоэлектрических функций миокарда детей 6-летнего возраста является высокая частота встречаемости различных изменений ритма и проведения возбуждения, нарушений процессов реполяризации и метаболизма в миокарде.

4. У детей 6 лет динамическая нагрузка вызывает изменение биоэлектрической активности миокарда: амплитуда зубца РП несколько увеличивается; длительность сердечного цикла, продолжительность электрической систолы и предсердно-желудочковой проводимости уменьшаются.

5. При динамической физической нагрузке происходят существенные перестройки фазовой структуры сердечного цикла. У 39,3% детей на физическую динамическую нагрузку отмечался фазовый синдром гипердинамии миокарда (укорочение фазы изометрического сокращения, снижение времени изгнания крови и механической систолы). У 25 % детей отмечен фазовый синдром гиподинамии миокарда (удлинение периода напряжения за счет фазы изометрического сокращения, снижение времени изгнания крови и механической систолы, а также увеличение индекса напряжения миокарда).

6. Динамическая физическая нагрузка вызывает у детей 6 лет увеличение экскреции кортизола со слюной, что указывает на активацию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы.

7. Локальная статическая нагрузка вызывает у детей 6 лет существенные изменения мозгового кровообращения: снижение пульсового кровенаполнения и повышение тонуса крупных церебральных артерий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безобразова В.Н., Догадкина С.Б. Функциональное состояние кровообращения головного мозга и предплечья у детей 5–9 лет // Физиология человека. – 2001. – Т.27. – №5. – С.49–53.

2. Галстян А.А. Электромеханическая активность сердца и центральная гемодинамика у здоровых детей школьного возраста. – Ереван: Айастан, 1989– 161 с.

3. Догадкина С.Б. Влияние статической нагрузки на сердечно-сосудистую систему детей младшего школьного возраста: Автореф. ... канд. биол. наук. М., 1988 – 17 с.

4. Држевецкая И.А. Эндокринная система растущего организма. М: Высш. школа, 1987. – 206 с.

5. Игишева Л.Н., Галеев А.Р., Анисова Е.А. Возрастные индивидуально-типологические особенности вариабельности ритма сердца у детей и подростков // Вестник аритмологии. – 2000. - №18. – С.86.

6. Индивидуальные особенности развития системы кровообращения школьников/Под ред. И.О.Тупицына. – М, 1995. – 64 с.

7. Казин Э.М., Блинова Н.Г., Душенина Т.В., Галеев А.Р. Комплексное лонгитудинальное исследование особенностей физического и психофизиологического

развития учащихся на этапах детского, подросткового и юношеского периодов онтогенеза// Физиология человека.– 2003.– Т.29.– №1.– С.70–76.

8. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М: Медицина, 1965.– 159 с.

9. Колесниченко С.М. Функциональное состояние миокарда левого желудочка у детей 7–12 лет (по данным эхо- и электрокардиографии): автореф.дисс...канд.биол.наук.–М.,1988.– 18с.

10. Кубергер М.Б. Руководство по клинической электрокардиографии детского возраста.–М.:Медицина, 1983.–368с.

11. Макаридзе О.В. Влияние орто- и антиортостатической пробы на фазы сердечного цикла левого и правого желудочков у здоровых лиц и больных ишемической болезнью сердца// Кардиология.– 2000.– 40, № 7.– С. 22–26

12. Меерсон Ф.З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность.–М: Наука, 1975 – 263 с.

13. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. –Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002.–290 с.

14. Мишина Е.Г. Центральное и мозговое кровообращение у мальчиков 10–17 лет в процессе возрастного развития: Автореф. дис....канд.биол.наук.– Архангельск, 2005– 19с.

15. Осколкова М.К., Куприянова О.О. Электрокардиография у детей.–М.:Медицина, 1986.–286 с.

16. Преснякова Н.М. Взаимосвязь сократительной функции миокарда с основными показателями гемодинамики у современных школьников 7–17 лет: автореф.дис...канд.биол.наук.–М.,1979.–24с.

17. Рублева Л.В. Развитие основных функций миокарда детей 7–15 лет, проживающих в различных экологических условиях: Дисс....канд.биол.наук.–М., 1999.–188 с.

18. Сенько Ф.Н., Петров С.В. Адаптация сократительной функции миокарда к учебным нагрузкам у детей, начавших обучение с 6 лет// Мат. VII съезда Белорусского физиол. общества.–Витебск, 1987.–С.219–220

19. Справочник педиатра-кардиоревматолога / Под ред. Р.Э.Мазо.–Минск: Наука и техника,1982.–342с.

20. Тупицын И.О. Возрастная динамика и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы школьников: автореф.дис.докт.мед.наук.–М., 1986.–42с.

21. Тупицын И.О., Андреева И.Г., Безобразова В.Н. с соавт. Развитие системы кровообращения // Физиология развития ребенка /Под ред. М.М.Безруких, Д.А.Фарбер, 2000.–С. 148–166

22. Чернышов В.Н., Тарасова Е.А., Трясак О.А. Варианты нарушений ритма сердца и проводимости у здоровых детей школьного возраста//Новое в диагностике, клинике, лечении и профилактике заболеваний детского возраста: Сб. науч. тр.– Ростов-на-Дону, 1988.–С.85–86.

23. Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография. М.:Медицина, 1983 – 217 с.

24. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use// Circulation. 1996.–V.93, P.1043–1065.

25. Iwasa Y, Nakayasu K, Nomura M, Nakaya Y, Saito K, Ito S. The relationship between autonomic nervous activity and physical activity in children. *Pediatr Int.* 2005 Aug;47(4):361–71
26. Nagai N, Moritani T. Enhanced vagal withdrawal during mild orthostatic stress in adolescents with chronic fatigue. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2004 Jan; 28(1):27–33
27. Pankova N.B. Functional development of the vegetative regulation of the cardiovascular system in human ontogenesis *Russ Fiziol Zh Im I M Sechenova.* 2008 Mar; 94(3):267–75
28. Rajendra Acharya U, Kannathal N, Ong Wai Sing, Luk Yi Ping, and TjiLeng Chua Heart rate analysis in normal subjects of various age groups *Biomed Eng Online.* 2004; 3: 24.
29. Reul J.M.H.M., De Kloet E. Heritability of Daytime Cortisol Levels in Children.// *Endocrinology* 117. 2003. P. 2505 – 2511.