

# КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ, ЦЕНТРАЛЬНОГО И ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ КРОВООБРАЩЕНИЯ И СТЕРОИДОГЕНЕЗА (ПО ДАННЫМ ДГЭА) В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К НАГРУЗКАМ У ПОДРОСТКОВ 12 ЛЕТ

*А.Н. Шарапов, В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина<sup>1</sup>,  
Г.В. Кмить, Л.В. Рублева, И.В. Ермакова,  
Н.Б. Сельверова, В.С. Лукьянчиков*  
ФГНУ «Институт возрастной физиологии» РАО, Москва

*Проведено комплексное исследование автономной нервной регуляции сердечного ритма, биоэлектрических характеристик миокарда, сократительной функции миокарда и мозгового кровообращения у подростков 12 лет. У них отмечена более высокая суммарная активностью нейрогуморальных влияний на сердечный ритм с преобладанием парасимпатических влияний. Выявлены половые различия в фазовой структуре сердечного цикла у детей 12 лет. Динамическая физическая нагрузка у детей обоего пола вызывала существенное снижение длительности сердечного цикла, фазы асинхронного сокращения, периода напряжения и электрической систолы, а также интенсификацию деятельности предсердий. Помимо этого у девочек 12 лет в отличие от мальчиков этого возраста физическая нагрузка вызывала также уменьшение фазы изометрического сокращения и диастолической паузы. Срочная адаптация кровообращения головного мозга к умственной нагрузке у большинства мальчиков и девочек 12 лет носила благоприятный характер и сопровождалась существенным увеличением артериального притока, снижением тонуса мозговых артерий в лобных областях головного мозга. У части детей (21,0-21,7%) выявлено напряжение механизмов регуляции: снижение артериального притока, повышение тонуса мозговых артерий крупного и среднего калибра.*

**Ключевые слова:** *сердечно-сосудистая система, ЭКГ, фазовая структура сердечного цикла, кровообращение головного мозга, динамическая физическая нагрузка, умственная нагрузка, подростковый возраст, адаптация*

**Complex study of autonomic nervous regulation, central and peripheral blood flows and steroidogenesis in 12-year-old teens while performing mental and physical tasks.** *There was conducted a complex study of autonomic nervous regulation of heart rate, bioelectric characteristics of the myocardium, myocardial contractile function and cerebral blood flow in 12-year-old teenagers. Children 12 years old, demonstrated stronger summative neurohumoral influences on the heart rate, with predominant parasympathetic influences. There were found out reliable sex differences among 12 year old children in heart rate frequency, in the phase structure of cardiac cycle and ECG indices. Immediate adaptation of cardio-vascular system to dynamic physical work in teenagers of this age is characterized by shorter overall cardiac cycle, time of atrioventricular conduction, systole and diastole. Significant decrease of time of cardiac cycle,*

---

Контакты: <sup>1</sup>Догадкина С.Б. – E-mail: <almanac@ mail.ru>

*resulting from shorter systole and diastole, is a sign of certain tension in adaption of cardio-vascular system to physical work. Immediate adaptation of cerebral blood flow to mental tasks in most 12 year old boys and girls was favorable and was paired with significant growth of arterial flow, lower tone of cerebral arteries in frontal lobe. Some children (21,0-21,7 %) demonstrated tension in regulation mechanisms: lower arterial flow, higher tone in large and medium cerebral arteries.*

**Keywords:** *cardiovascular system, ECG, phase structure of the heart, brain blood circulation, dynamic exercise, mental tasks, adolescence, adaptation.*

Деятельность сердца и сосудов в подростковом возрасте имеет свои особенности, в значительной мере связанные с изменением гормонального статуса и автономной нервной регуляции сердечного ритма. В процессе роста ребенка происходит совершенствование нервных регуляторных механизмов деятельности сердца. Однако начавшееся половое созревание вносит изменения в процесс автономной нервной регуляции сердечного ритма у подростков пубертатного периода. Именно в этом периоде происходят бурные процессы роста и созревания в организме подростков, которые могут сопровождаться несбалансированностью формирования различных отделов сердечно-сосудистой системы, что может привести к напряжению процессов адаптации. Целью исследования явилось изучение функционального состояния и адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы к нагрузкам разного вида у подростков 12 лет.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследовано 40 детей (20 мальчиков и 20 девочек) 12 лет – учащихся общеобразовательной школы № 27 г. Москвы. Проведено комплексное исследование автономной нервной регуляции сердечного ритма, биоэлектрических характеристик миокарда, сократительной функции миокарда, мозгового кровообращения и концентрации надпочечного андрогена дегидроэпиандростерона (ДГЭА).

Исследования проводились с письменного согласия родителей.

Автономную нервную регуляцию сердечного ритма (СР) оценивали методом спектрального анализа variability ритма сердца (ВРС). В работе представлены наиболее информативные и интегральные показатели: общая мощность спектра (ТР,  $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ), очень низкочастотный диапазон спектра (VLF,  $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ); низкочастотные колебания (LF,  $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ); высокочастотные колебания (HF,  $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ); индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF, усл. ед.); отношение LF/HF – характеризующее баланс симпатических и парасимпатических влияний.

Для определения показателя «адаптационные резервы» (АР), отражающего степень активации симпатoadреналовой системы относительно исходного уровня и реактивность парасимпатического отдела АНС, в качестве функционального теста применяли активную ортостатическую пробу [17].

Возбудимость и проводимость миокарда изучали методом электрокардиографии. Регистрация ЭКГ осуществлялась в 12 общепринятых отведениях. Длительность интервалов и зубцов ЭКГ определяли в II стандартном отведении. Анализировали: длительность сердечного цикла RR,с; продолжительность предсердно-желудочковой проводимости PQ,с; продолжительность внутрижелудочковой про-

водимости QRS,c; длительность электрической систолы желудочков QT,c; длительность зубцов P,c, Q,c и R,c; амплитуда зубцов P,мм, Q,мм, R,мм, S,мм, T,мм.

Сократительную функцию миокарда изучали методом поликардиографии. В ходе исследования проводилась синхронная регистрация ЭКГ (во II стандартном отведении), фонокардиограммы (с точки Боткина) и каротидной сфигмограммы с использованием прибора Поли-Спектр-12. Анализ поликардиограммы базировался на сопоставлении элементов записанных кривых во времени по методике В.Л. Карпмана [9]. С помощью компьютерной обработки кривых вычисляли: продолжительность сердечного цикла (R-R), фазу асинхронного сокращения (ФАС), фазу изометрического сокращения (ФИС), период напряжения (Т), период изгнания (Е), механическую систолу (Sm), общую систолу (So), электрическую систолу (Sэ), диастолический интервал (D). Все величины измеряли в миллисекундах. Помимо указанных показателей, получаемых при непосредственном анализе кривых, определяли ряд производных или относительных величин: индекс напряжения миокарда (ИНМ); внутрисистолический показатель (ВСП); механический коэффициент Блумбергера.

Для оценки состояния мозгового кровообращения использовался метод биполярной реоэнцефалографии [33]. 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: амплитуда пульсовой волны (А, ом), показатели, характеризующие тонус артерий головного мозга большого и среднего калибра (а/Т, %) и малого калибра (дикротический индекс, di %), АЧП, у.е. – амплитудно-частотный показатель (отражает кровоток в единицу времени), а также частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин).

В качестве функциональной пробы использовалась умственная нагрузка, которая заключалась в выполнении испытуемыми устного счета в течение 10 минут: давалось задание от 200 вычитать 7. Регистрация изучаемых параметров проводилась на следующих этапах эксперимента: в состоянии покоя, на 10-й минуте выполнения задания.

Уровень ДГЭА в слюне определяли иммуноферментным методом, используя стандартные диагностические наборы фирмы DRG. Слюну собирали утром до школьных занятий, до и после регистрации кардиограммы. Оптическую плотность и значения концентрации гормона определяли с помощью ИФА-анализатора «Stat Fax 2100».

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты оценки вариабельности сердечного ритма у детей 12 лет представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у учащихся 11-12 лет в покое и в ответ на ортостатическую пробу ( $M \pm m$ )

Группы	Состояние	TP, мс <sup>2</sup>	VLF, мс <sup>2</sup>	LF, мс <sup>2</sup>	HF, мс <sup>2</sup>	LF п.у.	HF п.у.	LF/HF п.у.	% VLF	% LF	% HF
М	покой	5050 ±619,1	1475 ±366.6	1137.6 ±276	2437.2 ±416.0	38,5 ±3,1	61,5 ±3,1	0,830 ±0,13	33,5 ±2,67	24,7 ±2,1	41.7 ±3,2
	ортостаз	2711# ±419.6	873.6# ±130.6	1208.2 ±233.0	629.5# ±151.9	67,1# ±2,8	32,3# ±2,82	2.7# ±0,25	26.9 ±0.48	43.8# ±2,3	22.1# ±1,9
Д	покой	4858 ±1059	2128.1* ±279,1	1105.7 ±187.1	1624.5* ±360.9	41.5 ±3,8	58.5 ±4,1	0.804 ±0,13	37.6 ±3,7	24.5 ±2,6	37,9 ±4,8
	ортостаз	2619.3# ±430,1	1049.1# ±268,7	1105.18 ±196,5	464,4# ±118,3	70.3# ±4.5	29.8# ±2.8	2.9# ±0,43	38.0 ±2,9	43.0# ±1,7	18,9# ±2,4

Примечание: \* – достоверность различий между показателями у мальчиков и девочек; # – достоверность различий между показателями в покое и во время ортостаза

У большинства детей ритмограмма ВРС характеризуется хорошо выраженными волнами короткого, длинного и очень длинного периодов. Наибольший вклад в регуляцию сердечного ритма у детей 12 лет вносит парасимпатическая система (фоновая ваготония покоя). Данный вариант регуляции сердечного ритма отражает хорошее физическое состояние и стрессоустойчивость организма. Спектральный анализ ВРС не выявил достоверных половых различий в показателях variability сердечного ритма (табл. 1).

Таким образом, исследование variability сердечного ритма детей 12 лет в состоянии относительного покоя показало, что значения спектральных и временных показателей ВРС соответствуют таковым, приводимым в ряде исследований [5; 17] и указанным в международных стандартах [36].

Ортостатическая проба является одним из наиболее простых и безопасных функциональных тестов, который позволяет оценить резервные возможности системы регуляции кровообращения. Исследование variability сердечного ритма при ортостатической пробе позволяет получить информацию о состоянии различных звеньев регуляторного механизма и об общей адаптационной реакции организма.

Анализ спектральных характеристик сердечного ритма (табл. 1) выявил у всех детей существенное снижение общей мощности спектра, мощности очень низкочастотного и высокочастотного компонентов спектра ВРС (в абсолютных, относительных единицах и в процентах), при этом мощность низкочастотного компонента спектра ВРС существенно не изменялась ни у мальчиков, ни у девочек. У всех испытуемых показатель отношения абсолютных значений LF и HF (LF/ HF) при ортопробе достоверно повышался (см. табл. 1). Существенный сдвиг автономной нервной регуляции в сторону симпатических влияний свидетельствует об адекватной реакции АНС на ортостатическое воздействие [4; 7; 17; 26; 38].

На основании реакции сердечного ритма на активную ортостатическую пробу и характера спектра мощности ВРС были рассчитаны показатели функционального состояния, адаптационных резервов и физиологического состояния [17] (табл. 2).

Таблица 2

*Показатели адаптационных возможностей организма у детей 12 лет ( $M \pm m$ )*

Группы	Функциональное состояние	Адаптационные резервы организма	Уровень функционирования ФС
М	4.7±0.9	0.92±0,1	3.4±0,2
Д	6.7±1.0*	2,0±0,4*	3.4±0.18

*Примечание: \*-достоверность различий между показателями у мальчиков и девочек*

Более высокие значения показателей функционального состояния и адаптационных резервов организма выявлены у обследованных девочек 12 лет.

По показателю LF/HF, характеризующему соотношение симпатических и парасимпатических влияний, все обследуемые дети были разделены на 3 группы. Дети с LF/HF > 1,0 составили 1-группу (с преобладанием симпатических влияний в регуляции сердечного ритма), дети с LF/HF от 0.5 до 0.9 составили 2 группу (со сбалансированной регуляцией сердечного ритма) и дети с LF/HF < 0.5 составили 3 группу (с преобладанием парасимпатических влияний в регуляции сердечного ритма).

В таблице 3 приведены показатели спектрального анализа ВРС у детей 11-12 лет с разным типом регуляции сердечного ритма.

Дети с преобладанием симпатической активности в регуляции сердечного ритма характеризуются достоверно более низкой общей мощностью спектра вследствие низкой мощности высокочастотного компонента ВРС (HF). У детей с преобладанием симпатических влияний на ритм сердца структура симпатико-парасимпатического воздействия на сердечный ритм характеризуется большим вкладом в регуляцию СР центральных эрготропных и симпатических влияний (VLFи LF). Реакция на ортопробу у этих детей характеризуется существенным снижением общей мощности спектра (TP) и очень низкочастотного компонента ВРС. При этом у них происходит незначительное повышение симпатических и снижение парасимпатических влияний на ритм сердца. У детей 1-ой группы практически не выявлено достоверных изменений показателей низко- и высокочастотных компонентов на ортостатическое воздействие (табл. 3), что свидетельствует о преобладании неадекватной реакции на ортопробу и низких адаптационных возможностях у детей данной группы. Дети с преобладанием парасимпатических влияний на сердечный ритм характеризуются самой высокой плотностью мощности спектра и высокими значениями высокочастотного компонента ВРС. У детей этой группы отмечено существенное снижение мощности спектра высокочастотных и увеличение симпатических влияний на ритм сердца (увеличение LF/HF). У детей 2-ой группы отмечена адекватная реакция сердечного ритма

на ортостаз со снижением высокочастотных компонентов и увеличением низкочастотных колебаний.

Таблица 3

Показатели спектрального анализа variability сердечного ритма у подростков 11-12 лет с разным типом автономной нервной регуляции ( $M \pm t$ )

ип АНР	Состояние	TP мс <sup>2</sup>	VLF мс <sup>2</sup>	LF мс <sup>2</sup>	HF мс <sup>2</sup>	LF п.у.	HF п.у.	LF/HF п.у.	VLF %	LF %	HF %
1	Покой	4769 ±583,2	3094 ±168,1	1246 ±210,1	620,4 ±146,7	63,9 ±2,3	38,7 ±2,3	3,13 ±0,17	45,9 ±3,9	30,1 ±2,4	24,1 ±2,7
	ортостаз	2661,6# ±410,1	1148,9 # ±182,8	935,4 ±199,0	576,7 ±90,4	65,8 ±2,9	34,7 ±2,9	3,0 ±0,41	39,8 ±4,0	38,4 ±4,1	21,8 ±3,0
2	покой	2532 ±560,6*	979,4 ±122,0	816, ±183,4	1298,6 ±292,4	39,7 ±1,4	60,3 ±1,4	0,667 ±0,04	37,0 ±3,8	24,9 ±1,4*	35,4 ±1,6
	ортостаз	2130,8 ±568,5	683,3 ±444,0	1070,9 ±248,6	375,5# ±248,0	66,2# ±2,2	24,7# ±2,2	2,7# ±0,08	27,4 ±3,7	44,0# ±2,4	16,6# ±1,4
3	покой	6007 ±457,6	941 ±91,8	1426 ±195,6	3371 ±318,0	28,0 ±1,6	72 ±1,6	0,39 ±0,03	24,7 ±2,1	20,6 ±1,3	58,3 ±3,1
	ортостаз	3109# ±626,	941 ±282,6	1235 ±218,0	741# ±157,2	72,2# ±3,2	27,8# ±3,2	2,6# ±0,08	30,3 ±2,8	35,9# ±2,4	19,6# ±2,3

Примечание: 1 группа – симпатотоники; 2 группа – нормотоники; 3 группа ваготоники; \* – достоверность различий между показателями в группах с разным типом АНС; # – достоверность различий между показателями в покое и во время ортостаза

Наиболее высокие адаптационные резервы отмечены у детей с преобладанием парасимпатических влияний на ритм сердца (табл. 4), самые низкие – у симпатотоников.

Таблица 4

Показатели адаптационных возможностей организма у детей 12 лет с разными типами автономной нервной регуляции ( $M \pm t$ )

Тип АНС	Функциональное состояние	Адаптационные резервы организма	Уровень функционирования ФС
1	3,6	0	3
2	3,1	1,37*	3
3	10*	2,5*	4

Примечание: 1 группа – симпатотоники; 2 группа – нормотоники; 3 группа ваготоники; \* – достоверность различий между показателями в группах с разным типом АНС

Таким образом, структура реакции показателей ВРС на ортостатическое воздействие определяется типом вегетативной нервной регуляции. У детей с преобладанием симпатических влияний на ритм сердца выявлена неадекватная реакция на ортостатическую пробу, с незначительным снижением всех составляющих спектра, что указывает на сниженные адаптационные возможности у детей данной группы. У детей с сбалансированным и парасимпатическим типом автономной нервной регуляции сердечного ритма выявлен относительный рост низкочастотного и снижение высокочастотного показателей спектра ВРС, что указывает на активное включение вазомоторного центра в процесс регуляции сосудистого тонуса.

Состояние симпато-парасимпатического баланса АНС во многом определяет адаптационные возможности ребенка. Дети с преобладанием симпатических нервных влияний на ритм сердца характеризуются сниженными адаптационными возможностями организма.

В ходе исследования нами были проанализированы данные электрокардиограмм детей 12 лет. Проведенный нами анализ ЭКГ показал, что абсолютные значения большинства показателей ЭКГ обследованных детей в целом соответствуют возрастным нормативам, представленным в литературе [15-17, 20, 24, 31]. Данные о длительности интервалов и амплитуде зубцов ЭКГ представлены в таблицах 5, 6.

Таблица 5

*Временные характеристики основных зубцов и интервалов ЭКГ детей 12-летнего возраста в покое и при нагрузке ( $M \pm m$ )*

Показатели								
Возр., пол	Состояние	R-R, с	P-Q, с	QRS, с	QT, с	P, с	Q, с	R, с
12 м	покой	0,853±	0,135±	0,095±	0,367±	0,104±	0,013±	0,056±
		0,0531	0,0034	0,0013	0,0174	0,0023	0,0027	0,0057
12 м	нагр	0,797±*	0,129±	0,093±	0,344±*	0,104±	0,013±	0,051±
		0,0371	0,0033	0,0013	0,0135	0,0013	0,0027	0,0047
12 д	покой	0,841±	0,129±	0,094±	0,361±	0,098±	0,011±	0,053±
		0,0531	0,0034	0,0014	0,0173	0,0023	0,0027	0,0042
12 д	нагр	0,789±*	0,124±	0,092±	0,349±*	0,097±	0,011±	0,050±
		0,0371	0,0033	0,0013	0,0135	0,0013	0,0028	0,0047

*Примечания: интервалы представлены по данным II стандартного отведения, \* - достоверность различий по сравнению с покоем.*

Таблица 6

*Амплитудные характеристики основных зубцов ЭКГ  
детей 12-летнего возраста в покое и при нагрузке ( $M \pm m$ )*

Возр., пол	Состоя- ние	Отвед.	Показатели				
			P, мм	Q, мм	R, мм	S, мм	T, мм
12 м	покой	II	0,868 $\pm 0,046$	-0,256 $\pm 0,062$	10,216 $\pm 0,514$	-1,400 $\pm 0,184$	4,213 $\pm 0,174$
		V5	0,583 $\pm 0,024$	-0,526 $\pm 0,114$	14,715 $\pm 0,543$	-3,770 $\pm 0,244$	5,847 $\pm 0,184$
		V6	0,550 $\pm 0,044$	-0,670 $\pm 0,144$	12,333 $\pm 0,444$	-1,510 $\pm 0,168$	4,626 $\pm 0,249$
	нагр	II	1,048* $\pm 0,073$	-0,284 $\pm 0,063$	10,115 $\pm 0,318$	-1,827* $\pm 0,130$	3,943* $\pm 0,131$
		V5	0,591 $\pm 0,033$	-0,679 $\pm 0,123$	14,584 $\pm 0,632$	-3,260* $\pm 0,321$	5,726 $\pm 0,330$
		V6	0,561 $\pm 0,036$	-0,811 $\pm 0,103$	11,752 $\pm 0,350$	-1,310* $\pm 0,149$	4,126* $\pm 0,230$
12 д	покой	II	1,090 $\pm 0,066$	-0,311 $\pm 0,062$	9,637 $\pm 0,417$	-1,489 $\pm 0,145$	3,757 $\pm 0,154$
		V5	0,666 $\pm 0,024$	-0,587 $\pm 0,114$	12,333 $\pm 0,574$	-1,922 $\pm 0,246$	4,559 $\pm 0,125$
		V6	0,616 $\pm 0,023$	-0,632 $\pm 0,143$	10,783 $\pm 0,436$	-1,038 $\pm 0,123$	4,122 $\pm 0,223$
	нагр	II	1,294* $\pm 0,071$	-0,312 $\pm 0,062$	9,324 $\pm 0,518$	-1,666 $\pm 0,190$	3,383* $\pm 0,171$
		V5	0,663 $\pm 0,033$	-0,564 $\pm 0,133$	12,829* $\pm 0,693$	-2,594* $\pm 0,313$	4,476 $\pm 0,230$
		V6	0,612 $\pm 0,033$	-0,665 $\pm 0,103$	10,942 $\pm 0,430$	-1,270* $\pm 0,193$	3,598* $\pm 0,220$

*Примечания: \* – достоверность различий по сравнению с покоем.*

Физическая нагрузка динамического характера вызывала у детей 12-летнего возраста следующие изменения ЭКГ (табл. 5, 6). У всех обследованных детей достоверно уменьшались общая длительность сердечного цикла и электрической систолы. Также в ответ на нагрузку как у мальчиков, так и у девочек, происходило достоверное увеличение зубца  $R_{II}$  и уменьшение зубца  $T_{II}$ .

Влияние динамической нагрузки на общую длительность сердечного цикла и продолжительность электрической систолы связано с активизацией симпатического отдела автономной нервной системы при физическом усилии. Увеличение



амплитуды зубца Р отражает, вероятно, интенсификацию деятельности предсердий в ответ на нагрузку.

В работе была также изучена частота встречаемости некоторых функциональных изменений ЭКГ у детей 12 лет. Частота встречаемости аритмий составляла 10 % у мальчиков и 13 % – у девочек. Синусовая тахикардия наблюдалась в среднем у 12 % детей обоего пола. Синусовая брадикардия отмечалась у 2-6 % школьников 12 лет. Нарушения внутрижелудочковой проводимости регистрировались в 10 % случаев. Нарушения процессов реполяризации миокарда наблюдались у 12 % школьников. В целом, частота встречаемости функциональных изменений ЭКГ у детей 12 лет существенно уменьшается по сравнению с младшими школьниками.

Нарушения сердечного ритма у детей школьного возраста встречаются довольно часто и могут быть связаны с процессами формирования механизмов вегетативной регуляции сердца. В частности, тахикардия возможно обусловлена положительным хронотропным эффектом со стороны симпатических нервов. Такие функциональные изменения миокарда, как нарушения проведения в предсердиях, нарушения внутрижелудочковой проводимости, нарушения процессов реполяризации миокарда связаны, вероятно, с морфологическим и функциональным созреванием сердечной мышцы на определенных этапах онтогенеза, а также с гетерохронностью процессов роста и развития сердца.

В результате проведенного **поликардиографического исследования** были получены данные по продолжительности основных фаз и периодов сердечного цикла у подростков 11-12 лет (таблица 7). Исследование показало, что, полученные величины параметров сократительной функции миокарда детей 11-12 лет соответствуют литературным данным [9, 14, 29, 32].

Таблица 7

*Длительность фаз сердечного цикла у подростков 11-12 лет  
в состоянии относительного покоя ( $M \pm m$ )*

		ПАРАМЕТРЫ									
Возр лет	Пол	R-R, мс	ФАС,м с	ФИС,м с	T, мс	E, мс	Sm, мс	So, мс	Sэ, мс	Д, мс	
11	Д	799.4 ±34.2	59.5 ±2.2	27.7 ±1.4	87.7 ±2.8	251.3 ±5.4	279.0 ±5.3	342.3 ±4.8	351.8 ±4.6	458.5 ±34.3	
12	Д	788.1 ±35.2	53.4 ±2.1	32.0 ±1.2 *	85.4 ±2.7	217.7 ±9.1 *	250.0 ±6.7 *	303.7 ±10.9 *	347.2 ±8.4	484.4 ±34.9	
11	М	761.5 ±24.1	58.1 ±1.6	26.4 ±1.3	84.5 ±2.0	243.7 ±8.4	270.2 ±5.1	328.3 ±4.8#	336.9 ±4.6#	436.4 ±23.9	
12	М	764.4 ±21.2	54.6 ±2.4	29.6 ±2.3	84.2 ±3.8	266.6 ±9.4#	296.2 ±5.3#	350.8 ±4.7*#	345.8 ±5.6	414.5 ±24.3	

*Примечание: \*- достоверность различий показателей между 11 и 12 годами;  
#- достоверность различий показателей между девочками и мальчиками.*

Показано, что у девочек 12 лет по сравнению с 11-летним возрастом продолжительность фазы изометрического сокращения существенно больше, а время изгнания крови, общая и механическая систолы значимо меньше. Вероятно, данные отличия могут являться реакцией сократительной функции миокарда на эндокринную перестройку организма в связи с процессом полового созревания. У мальчиков 12 лет по сравнению с 11-летним возрастом напротив – общая систола значительно продолжительнее (таблица 7). Отмечено, что абсолютные величины ряда параметров сократительной функции миокарда значимо не отличались у мальчиков и девочек 12 лет, однако у девочек время изгнания крови, а также общая и механическая систолы были существенно короче, чем у мальчиков (таблица 7). Выявленные отличия могут свидетельствовать о более интенсивном половом созревании у девочек этого возраста.

Для более полной оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и характеристики сократительной функции миокарда подростков 11-12 лет было проведено изучение реакции центрального звена системы кровообращения на дозированную физическую нагрузку (таблица 8)

Таблица 8

*Изменение длительности фаз сердечного цикла при физической динамической нагрузке у подростков 11-12 лет (M±m)*

Момент исслед.	Воз/пол	R-R	ФАС	ФИС	T	E	Sm	So	Sэ	Д
Покой	11М	761.5 ±24.1	58.1 ±1.6	26.4 ±1.3	84.5 ±2.0	243.7 ±8.4	270.2 ±5.1	328.3 ±4.8	336.9 ±4.6	436.4 ±23.9
Сразу после нагрузки		667.0 ±16.9*	61.3 ±2.25	25.2 ±1.8	86.5 ±2.94	201.7 ±7.86*	226.7 ±6.8*	238.1 ±6.3*	311.2 ±3.6*	373.9 ±17.3*
Покой	11Д	799.4 ±34.2	59.5 ±2.2	27.7 ±1.4	87.7 ±2.8	251.3 ±5.4	279.0 ±5.3	342.3 ±4.8	351.8 ±4.6	458.5 ±34.3
Сразу после нагрузки		660.0 ±24.8*	58.5 ±1.9	25.2 ±1.8	83.7 ±2.8	213.3 ±5.9*	238.5 ±4.6*	297.0 ±5.3*	308.3 ±6.5*	362.8 ±23.7*
Покой	12М	764.4 ±21.2	54.6 ±2.4	29.6 ±2.3	84.2 ±3.8	266.6 ±9.4	296.2 ±5.3	350.8 ±4.7*	345.8 ±5.6	414.5 ±24.3
Сразу после нагрузки		702.8 ±20.6*	49.0 ±2.3*	26.8 ±1.4	75.8 ±3.5*	279.8 ±10.2	311.5 ±2.4	361.3 ±2.4	319.8 ±3.4*	324.0 ±20.4
Покой	12Д	788.1 ±35.2	53.4 ±2.1	32.0 ±1.2	85.4 ±2.7	217.7 ±12.1	250.0 ±6.7	303.7 ±10.9	347.2 ±8.4	484.4 ±34.9
Сразу после нагрузки		599.5 ±33.3*	47.5 ±2.1*	27.0 ±1.5*	75.2 ±2.8*	222.0 ±13.3	245.9 ±8.4	293.5 ±12.4	289.6 ±11.1*	306.0 ±33.5*

*Примечание:* \* – достоверность различий показателей между исходным состоянием и нагрузкой.

При изучении реакции сократительной функции миокарда на физическую динамическую нагрузку было показано, что у подростков 11-12 лет происходят существенные перестройки фазовой структуры сердечного цикла. Анализ результатов показал, что динамическая физическая нагрузка у детей обоего пола 11-летнего возраста вызывала существенное снижение длительности сердечного цикла и диастолической паузы. Отмечено также значительное укорочение механической, электрической и общей систол. Помимо этого у мальчиков данного возраста в ответ на физическую динамическую нагрузку отмечено достоверное увеличение индекса напряжения миокарда ( $t=2.5$ ) и снижение величины механического коэффициента ( $t=2.3$ ). Основным механизмом уменьшения длительности сердечного цикла при физической работе считают снижение тонуса блуждающих нервов и увеличение симпатических влияний на сердце. Отмеченное достоверное снижение длительности сердечного цикла, происходящее за счет уменьшения продолжительности систолы и времени диастолы, свидетельствует о некотором напряжении краткосрочной адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке у детей 11 лет.

В 12-летнем возрасте динамическая физическая нагрузка у детей обоего пола вызывала существенное снижение длительности сердечного цикла, фазы асинхронного сокращения, периода напряжения и электрической систолы. Помимо этого у девочек 12 лет в отличие от мальчиков этого возраста физическая нагрузка вызывала также уменьшение фазы изометрического сокращения и диастолической паузы.

Выявленное снижение длительности сердечного цикла у мальчиков 12 лет, происходящее за счет уменьшения продолжительности периода напряжения без существенного изменения времени диастолы, свидетельствует о благоприятной реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку, поскольку период расслабления является одним из ведущих факторов саморегуляции сокращения миокарда и восстановления энергетических запасов в мышечных клетках. Выявленное уменьшение продолжительности сердечного цикла без существенного изменения времени диастолы не нарушает восстановление энергетических ресурсов миокарда и обуславливает эффективность последующей систолы [18, 28].

У девочек 12 лет снижение длительности сердечного цикла происходило за счет уменьшения продолжительности периода напряжения и существенного укорочения времени диастолы, что свидетельствует о более напряженной реакции сократительной функции миокарда на физическую нагрузку по сравнению с мальчиками этого возраста.

Результаты изучения **кровообращения головного мозга** показали достоверные изменения ряда параметров РЭГ к 12-летнему возрасту: снижение амплитуды пульсовой волны и повышение значений дикротического индекса (табл. 9). Выявленные изменения свидетельствуют о снижении пульсового кровенаполнения и повышении тонуса мозговых артерий малого калибра, что соответствует возрастной динамике мозгового кровообращения [9].

Исследование детей 12 лет не показали достоверных различий изученных показателей между мальчиками и девочками. Все испытуемые были объединены в единую группу.

Для характеристики функционального состояния мозгового кровообращения детей 12 лет нами использована умственная нагрузка (табл. 10)

У всех испытуемых 12 лет умственная нагрузка сопровождалась достоверным снижением дикротического индекса ( $di$ ) (табл. 10). Следовательно, краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке характеризовалась существенным снижением тонуса мозговых артерий малого калибра. Это соответствует результатам изучения мозгового кровообращения у детей школьного возраста при различных видах умственной деятельности [22] и согласуется с данными комплексных электро- и реоэнцефалографических исследований, показавших, что повышение функциональной активности отдельных областей головного мозга сопровождается развитием регионарной функциональной гиперемии [12, 13, 39]. Таким образом, выявленное у детей 12 лет снижение тонического напряжения церебральных артерий малого калибра является проявлением ауторегуляции мозгового кровотока, направленной на поддержание адекватного кровоснабжения нервной ткани при повышении ее функциональной активности во время умственной деятельности.

Проведение индивидуального анализа в соответствии с динамикой показателя АЧП позволило разделить всех испытуемых на 2 группы. В группу 1 вошли дети с увеличением АЧП (70,0% мальчиков и 80,0 % девочек). Группу 2 составили испытуемые со снижением АЧП (30,0 % мальчиков и 20,0 % девочек).

Умственная нагрузка вызывала у испытуемых 1 группы (табл. 10) достоверное повышение показателя АЧП, снижение дикротического индекса и  $a/T$ . Следовательно, реакция мозгового кровообращения характеризовалась существенным увеличением артериального притока, снижением тонуса мозговых артерий крупного, среднего и малого калибра в лобных областях головного мозга. Выявленные изменения кровообращения головного мозга согласуются с результатами исследований у школьников разного возраста, показавших возрастание пульсового кровенаполнения, объема мозгового кровотока и снижение тонического напряжения церебральных артерий при различных видах умственной деятельности [2, 3]. Выявленные у детей 12 лет изменения мозгового кровообращения при умственной деятельности (возрастание артериального притока и снижение тонуса церебральных артерий в лобных областях головного мозга) свидетельствуют о том, что данная реакция системы мозгового кровообращения на умственную деятельность не сопровождается существенным напряжением механизмов адаптации [3, 7, 22].

У детей 2 группы наблюдалось достоверное снижение АЧП, дикротического индекса и возрастание  $a/T$ , а также достоверное увеличение ЧСС (табл. 10). Следовательно, реакция мозгового кровообращения характеризовалась снижением артериального притока, повышением тонуса крупных и средних мозговых артерий в лобных областях головного мозга на фоне значительного возрастания ЧСС.

Отмеченное снижение артериального притока и повышение тонуса церебральных артерий крупного калибра можно характеризовать как проявление реакции ауторегуляции мозгового кровообращения, обусловленное изменениями параметров центральной гемодинамики [21, 34, 35]. Выявленное повышение тонического напряжения церебральных артерий характеризует напряжение механизмов регуляции мозгового кровообращения при умственной деятельности, что

соответствует результатам исследований, проведённых у взрослых людей и школьников [3, 26, 30].

Выявленные изменения изученных параметров мозгового кровообращения указывают на генерализованный характер реакции сердечно-сосудистой системы, что в условиях умственной деятельности характеризует напряжение механизмов адаптации системы кровообращения (Фёдоров, 1991; Шварков, 1993; Пономарева, 2005; Безобразова. Догадкина, Пономарёва, 2010).

Таблица 9

Показатели мозгового кровообращения у детей 11 и 12 лет в состоянии покоя ( $M \pm m$ )

Возраст	Показатели			
	A, ом	a, с	di, %	a/T, %
11	0,248±0,011	0,132±0,0100	59,3±1,23	20,6±0,74
12	0,220±0,011*	0,135±0,0110	65,1±1,60*	19,7±0,93

Примечание \* - достоверные отличия показателей по сравнению с предыдущим возрастом

Таблица 10

Динамика показателей мозгового кровообращения детей 12 лет при действии умственной нагрузки ( $M \pm m$ )

Группа	Показатели									
	A, Ом		АЧП, у.е.		di, %		a/T, %		ЧСС, уд/м	
	ИС	Н	ИС	Н	ИС	Н	ИС	Н	ИС	Н
Общая	0,220	0,230	3,41	3,32	65,1	57,2	19,5	20,2	93,8	97,4
	± 0,011	± 0,012	± 0,17	± 0,19	± 1,60	± 1,31*	± 0,93	± 0,60	± 2,61	± 3,27
1	0,220	0,241	3,30	3,89	65,5	60,1	19,8	18,4	94,1	95,6
	± 0,009	± 0,007	± 0,15	± 0,17*	± 1,36	± 1,45*	± 0,59	± 0,52*	± 2,87	± 2,49
2	0,220	0,21	3,45	3,00	66,1	56,5	19,2	23,1	85,2	98,3
	± 0,010	± 0,008	± 0,12	± 0,14*	± 1,26	± 1,36*	± 0,83	± 0,91*	± 2,16	± 2,21*

Примечание И.С. – исходное состояние; Н – умственная нагрузка; \* – достоверные отличия показателей по сравнению с исходным состоянием; 1 группа – дети с увеличением АЧП; 2 группа – дети со снижением АЧП

Большинство детей в возрасте 11-12 лет уже вступили в пубертат – динамичный период развития, характеризующийся метаболическими и гормональными сдвигами. Главный гормон сетчатой зоны коры надпочечников – дегидроэпиандростерон (ДГЭА) – является предшественником половых стероидов (тестостерона и эстрадиола), увеличение уровня которого связано с половым созреванием (Thankamony et al., 2012; Saczawa et al., 2013). Поэтому важно знать базовую концентрацию этого андрогена у подростков. В целом по группе среднее значение его

уровня в утренней слюне составило  $246,30 \pm 20,63$  пг/мл и колебалось от 56,98 пг/мл до 982,50 пг/мл. Сравнительный анализ показал, что у девочек утренняя концентрация ДГЭА выше, чем у их сверстников ( $278,43 \pm 33,51$  пг/мл против  $216,70 \pm 24,32$  пг/мл), но различия не были достоверными. Полученные результаты согласуются с данными других исследователей (Kushnir et al., 2010; Mouritsen et al., 2012), которые также обнаружили большую индивидуальную вариабельность этого стероида, что может быть связано с биологическим возрастом испытуемых. В подтверждение этого предположения была выявлена взаимосвязь между уровнем ДГЭА и ростом ( $r=0,27$ ;  $p<0,05$ ), весом ( $r=0,31$ ;  $p<0,01$ ), содержанием жира в организме ( $r=0,25$ ;  $p<0,05$ ) у детей 11-12 лет, что не противоречит данным наших предыдущих исследований (Ермакова и др., 2013). В настоящее время широко известен антистрессовый эффект ДГЭА, который препятствует разрушительному действию кортизола при различных нагрузках. Мы оценивали уровень этого стероида до и после проведения кардиоинтервалографии, разделив испытуемых по показателю LF/HF, отражающего симпато-парасимпатический баланс, на 3 группы. Как видно из таблицы, испытуемые достоверно не различались по уровню гормона утром, до и после обследования, хотя у детей с преобладанием парасимпатических влияний на ритм сердца концентрация гормона несколько ниже во всех временных точках, чем в других группах. Стоит отметить, что прирост концентрации ДГЭА в ответ на кардиоинтервалографию у ваготоников также ниже, чем у симпатотоников и нормотоников. Соотношение ДГЭА к кортизолу в утренней пробе было максимальным у нормотоников по сравнению с детьми с другими типами автономной нервной регуляции ритма сердца.

Таблица 11

*Концентрация ДГЭА у детей с разными типами автономной нервной регуляции ( $M \pm m$ )*

ДГЭА (пг/мл)	группы		
	симпатотоники (n=27)	нормотоники (n=22)	ваготоники (n=17)
утром	243,26±39,32	300,20±51,71	203,97±29,77
до обследования	163,16±15,85	192,35±19,37	150,55±13,56
после обследования	181,11±22,93	226,73±34,91	158,50±11,07
прирост	22,08±30,65	34,38±23,45	7,94±10,64
ДГЭА/кортизол	0,038±0,006	0,045±0,005	0,028±0,004*

*Примечание:* \* – различия между нормотониками и ваготониками достоверны при  $p<0,05$ .

## ВЫВОДЫ

1. Дети 12 лет характеризуются преобладанием активности парасимпатического отдела автономной нервной системы, что свидетельствует о более высоких адаптационных возможностях организма. У мальчиков и девочек, характеризующихся сбалансированным и парасимпатическим типом регуляции вариабельности

сердечного ритма, выявлены наиболее высокие адаптационные возможности и хорошее функциональное состояние организма.

2. Абсолютные значения большинства показателей ЭКГ детей 12 лет в целом соответствуют возрастным нормативам. В тоже время части детей 12-летнего возраста выявлены различные изменения ритма и проведения возбуждения, нарушений процессов реполяризации и метаболизма в миокарде. Данные изменения обусловлены особенностями морфологического и функционального созревания сердечной мышцы, а также с процессами формирования механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности. Частота встречаемости функциональных изменений миокарда с возрастом уменьшается.

3. Выявлены половые различия в фазовой структуре сердечного цикла у детей 12 лет. У девочек время изгнания крови, а также общая и механическая систолы были существенно короче, чем у мальчиков, что свидетельствует о более интенсивном половом созревании у девочек этого возраста.

4. Динамическая физическая нагрузка у детей обоего пола вызывала существенное снижение длительности сердечного цикла, фазы асинхронного сокращения, периода напряжения и электрической систолы, а также интенсификацию деятельности предсердий. Помимо этого у девочек 12 лет в отличие от мальчиков этого возраста физическая нагрузка вызывала также уменьшение фазы изометрического сокращения и диастолической паузы, что свидетельствует о более напряженной реакции сократительной функции миокарда в ответ на физическую нагрузку по сравнению с мальчиками этого возраст.

5. Результаты изучения кровообращения головного мозга показали, что к 12-летнему возрасту происходит снижение пульсового кровенаполнения и повышение тонуса мозговых артерий малого калибра.

6. Срочная адаптация кровообращения головного мозга к умственной нагрузке у большинства подростков 12 лет носило благоприятный характер и сопровождалась существенным увеличением артериального притока, снижением тонуса мозговых артерий в лобных областях головного мозга. У части (20,0-30,0 %) испытуемых 12 лет срочная адаптация к умственной нагрузке характеризовалась напряжением механизмов регуляции, снижением артериального притока повышением тонуса мозговых артерий крупного и среднего калибра при существенном возрастании частоты сердечных сокращений.

7. Уровень ДГЭА в слюне зависит от пола, физического развития и содержания жировой массы в организме. Дети с сбалансированным типом автономной нервной регуляции сердечного ритма лучше других приспособлены к преодолению негативного влияния нагрузки на организм.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова Е.И. Функциональное состояние сердечно–сосудистой системы детей школьного возраста (по данным механо- и поликардиографии): автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1970. – 24 с.

2. Безобразова В.Н. Динамика показателей мозгового и системного кровообращения у школьников 9-10 и лет под влиянием умственной нагрузки // Новые исследования по возрастной физиологии. – М., 1982. – Вып. 2 – С. 9-11.

3. Безобразова В.Н., Догадкина С.Б., Пономарева Т.А. Возрастное развитие периферического отдела сердечно-сосудистой системы // Физиология развития ребёнка: руководство по возрастной физиологии/ под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.; Воронеж: МПСИ, 2010. – 767 с.

4. Берсенева И.А. Оценка адаптивных возможностей организма у школьников на основе анализа вариабельности сердечного ритма в покое и при ортостатической пробе: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – 2000. – 17 с.

5. Галеев А.Р. Взаимосвязь типа вегетативной регуляции и потребности в двигательной активности / А.Р. Галеев, Л.Н. Игишева. – 2002. – <http://www.ortoplus.da.ru/>; [ortoplus@mail.ru](mailto:ortoplus@mail.ru)

6. Ермакова, И.В. Физическое развитие, компонентный состав тела и уровень ДГЭА у детей 9-15 лет в период полового созревания / И.В. Ермакова, Т.И. Бурая, Н.Б. Сельверова // Новые исследования. – 2013. – Т. 34, № 1. – С. 102-111.

7. Зиненко Е.С. Срочная адаптация центральной гемодинамики и кровообращения головного мозга детей дошкольного возраста к умственной нагрузке: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2010. – 19 с

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

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

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

11. Кмить Г.В. Функциональное состояние миокарда детей 6–11 лет в процессе развития и адаптации к учебной нагрузке: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1992. – 18 с.

12. Князева М.Г. Кровообращение и биоэлектрическая активность мозга детей младшего школьного возраста при различных функциональных состояниях: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.-М., 1979-16с

13. Князева М.Г. Соотношение показателей ЭЭГ и мозгового кровообращения подростков в покое и при умственной деятельности // Функционирование сердечно-сосудистой системы ребёнка в процессе развития и под влиянием учебной деятельности: Сборник научных трудов. – М., 1985. – С. 85-93.

14. 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. – 18 с.

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

16. Макаров Л.М., Киселева И.И., Долгих В.В. и др. Нормативные параметры ЭКГ у детей // Педиатрия. – 2006. – № 2. – С. 4-10.

17. Макаров Л.М. ЭКГ в педиатрии. – 2002. – 274 с.

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

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

20. Мурашко Е.В. Стандартная электрокардиография в педиатрической прак-



тике // Лечащий врач. – 2005. – N 1. – С. 52-57.

21. Мчедlishvili Г.И. Регуляция мозгового кровообращения. – Тбилиси: Мецниереба, 1980. – 158 с.

22. Пономарёва Т.А. Срочная адаптация системы кровообращения детей младшего школьного возраста к работе на компьютере: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2005. – 20 с.

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

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

25. Рябыкина Г.В. Вриабельность ритма сердца / А.В. Соболев. – 2001. – 200 с.

26. Соколов Е.И., Белова Е.В. Эмоции и патологии сердца. – М.: Наука, 1983. – 303 с.

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

28. Трегубова М.В. Особенности сократительной деятельности сердца дзюдоистов 16–20 лет массовых разрядов при различной интенсивности физических нагрузок: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Челябинск, 2008. – 22 с.

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

30. Фёдоров Б.М. Стресс и система кровообращения. – М.: Медицина, 1991. – 319 с.

31. Хомич М.М. Возрастные изменения временных показателей электрокардиограммы у детей // Вопр. соврем. педиатрии. – 2006. – № 2. – С. 17-19.

32. Шварков С.Б. Синдром вегетативной дистонии у детей и подростков: автореф. дис.... докт. мед. наук. – М., 1993. – 70 с.

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

34. Aaslid R., Lash S.R., Bardy G.H. et al. Dynamic pressure – flow velocity relationships in the human cerebral circulation // Stroke. – 2003. – Vol. 34. – P. 326-341.

35. Hamner J.W., Michael A.C., Seiji M. Spectral indices of human cerebral blood flow control: responses to augmented blood pressure oscillations // J. Physiol. – 2004. – Vol. 559. – P. 965-973.

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

37. Kushnir, M.M. Liquid chromatography-tandem mass spectrometry assay for androstenedione, dehydroepiandrosterone, and testosterone with pediatric and adult reference intervals / M.M. Kushnir, T. Blamires, A.L. Rockwood [et al.] // Clin. Chem. – 2010. – V. 56, № 7. – P. 1138-1147.

38. Mouritsen, A. The pubertal transition in 179 healthy Danish children: associations between pubarche, adrenarche, gonadarche, and body composition / A. Mouritsen,

L. Aksglaede, K. Soerensen // Eur. J. Endocrinol. – 2012. – V. 168, № 2. – P. 129-136.

39. Tolonen U., Sulg I.A. Comparison of quantitative EEG parameters from four different analysis techniques in evaluation of relationships between EEG and CBF in brain infarction // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. – 1981. – Vol. 51. – P. 177-185

40. Topcu B Akalin The autonomic nervous system dysregulation in response to orthostatic stress in children with neurocardiogenic syncope // Cardiol Young. – 2010. – Vol. 20, N 2. – P. 165–72.