

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ВРЕМЕННЫХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ДЕТЕЙ 5-10 ЛЕТ

С.Б. Догадкина¹

ФГНУ «Институт возрастной физиологии»
Российской академии образования, Москва

Оценка состояния автономной нервной системы проводилась с помощью временного и спектрального анализа вариабельности сердечного ритма. Выявлены возрастные изменения в структуре вариабельности сердечного ритма, характеризующиеся снижением общей мощности и низко- и высокочастотных компонентов спектра вариабельности сердечного ритма от 5 к 7 годам и от 8 к 9 годам. Выявлены половые различия в структуре вариабельности сердечного ритма, характеризующиеся большей общей мощностью спектра ВРС, преобладанием парасимпатических влияний на сердечный ритм у девочек 9 лет в сравнении с мальчиками того же возраста. 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.

Ключевые слова: вегетативная нервная система, сердечный ритм, детский возраст.

Age dynamics of temporal and spectral indices of heart rate variability in 5-10-year-old children. Temporal and spectral analysis of heart rate variability (HRV) was used to assess the condition of autonomic nervous system. There were found age changes in heart rate variability. They are characterised by decrease in general power and in low and high frequency of HRV from 5-7 to 8-9 years. There are differences in HRV in boys and girls, i.e. higher general power of HRV spectrum, prevalence of parasympathetic influences on heart rate in 9-year-old girls in comparison with boys of the same age. The balance of sympathetic and parasympathetic subsystems determines the adaptive abilities in children a lot. Children with dominant sympathetic influences are characterized by lower adaptive functions of the organism.

Key words: autonomic nervous system, heart rate, child age.

Адаптация – процесс, обязательно регулируемый нейрогуморальными механизмами, которые с возрастом претерпевают существенные изменения и окончательно формируются только в старшем школьном возрасте.

Для оценки адаптации организма к изменяющимся условиям среды используется анализ вариабельности сердечного ритма, позволяющий количественно охарактеризовать активность различных отделов автономной нервной системы через их влияние на функцию синусового узла. Вариабельность сердечного ритма по мнению авторов, анализирующих сердечный ритм спектральными методами, отражает автономную модуляцию синусового узла, а именно парасимпатические и

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

симпатические модуляции, и симпато-парасимпатическое взаимодействие [1, 4, 10, 19, 25, 27].

Согласно многочисленным литературным данным, состояние регуляторных систем деятельности сердца ребенка определяется его возрастом, полом, индивидуальными типологическими особенностями, факторами окружающей среды и деятельностью ребенка [2, 12, 20 и др.].

В возрастной период 4-10 лет происходит усиление влияния парасимпатического отдела АНС и снижается активность центрального контура регуляции [4, 11, и др.]. С возрастом формируется оптимальное соотношение между нервными и гуморальными механизмами регуляции сердечной деятельности [11, 15, 21].

Рядом авторов показаны половые различия в регуляции сердечного ритма, начиная с 8-летнего возраста [13, 14, 16, 21].

Особое внимание, среди множества типологических особенностей человека, при характеристике работы сердца исследователи уделяют типу автономной нервной регуляции. Причем, большинство исследователей полагают, что тип вегетативной нервной регуляции организма стойко сохраняется с возрастом, а при парасимпатическом типе регуляции достигается наиболее экономное функционирование сердечно-сосудистой системы, а дети с преобладанием активности ПНС опережают сверстников по степени зрелости регуляторных систем [11]. Другие – считают, что у детей наиболее благоприятным является эйтоническое (сбалансированное) состояние вегетативной нервной регуляции СР, поскольку именно эти дети отличаются меньшей активностью центральных механизмов регуляции в покое и при выполнении тестовых нагрузок, в то время как выраженная ваго- и симпатотония ограничивает адаптационные возможности детского организма [3, 18].

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью изучения возрастных особенностей автономной нервной регуляции сердечного ритма обследовано 200 детей 5-9 лет, относящихся к I-II группам здоровья, посещающих детский сад №1221 и общеобразовательную школу №27 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 методами временного и спектрального анализа вариабельности ритма сердца (ВРС). При временном анализе определяли следующие показатели: RRNN – средняя длительность R-R интервалов, SDNN – стандартное отклонение (SD) величин нормальных R-R интервалов (NN), $SDNN/RRNN \cdot 100\%$ – «коэффициент вариации», RMSSD – квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов N-N, NN50 – количество пар соседних интервалов, различающихся более, чем на 50 мс в течение всей записи, pNN50% – процент последовательных интервалов N-N, различие между которыми превышает 50мс.

При спектральном анализе ВРС определяются следующие параметры:

1. Общая мощность спектра (TP-Total Power) – мощность в диапазоне частот от 0.003 до 0.04 Гц. Она отражает суммарную активность нейрогуморальных влияний на сердечный ритм

2. Высокочастотные колебания (HF) (0.15-0.40 Гц) Мощность в этом диапазоне связана преимущественно с дыхательными движениями и отражает вагусный контроль сердечного ритма (колебания парасимпатического отделов вегетативной нервной системы).

3. Низкочастотные колебания (LF) (0.04-0.15). Они имеют смешанное происхождение. На мощность в этом диапазоне оказывают влияние изменения тонуса как симпатического (преимущественно), так и парасимпатического отделов АНС.

4. Очень низкочастотные колебания (VLF) (0.003-0.04), обусловленные, по-видимому, надсегментарными отделами автономной нервной системы, гормональными влияниями.

5. Мощность в диапазоне высоких частот, выраженная в нормализованных единицах: $HFnu = HF / (TP - VLF) * 100$

6. Мощность в диапазоне низких частот, выраженная в нормализованных единицах: $LFnu = LF / (TP - VLF) * 100$

7. LF/HF – характеризует соотношение (баланс) симпатических и парасимпатических влияний [17, 22].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У детей 5-9 лет выявлен ряд возрастных и половых различий в структуре вариабельности сердечного ритма. Данные временного и спектрального анализов ВРС представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

В целом у большинства детей 5-9 лет отмечено хорошее состояние автономной нервной регуляции сердечного ритма. У этих детей ритмограмма ВРС характеризуется хорошо выраженными волнами короткого, длинного и очень длинного периодов. Наибольший вклад в регуляцию сердечного ритма у детей 9 лет вносит парасимпатическая нервная система (фоновая ваготония покоя). Данный вариант регуляции сердечного ритма отражает хорошее физическое состояние и стрессоустойчивость организма.

У детей от 5 до 8 лет (табл. 2) не выявлено каких-либо значимых изменений величины показателя средней длительности нормальных интервалов RR (RRNN). От 8 к 9 годам у мальчиков значение RRNN достоверно не изменяется, а у девочек отмечено его достоверное увеличение, т.е. более высокие значения данного показателя в 9 летнем возрасте наблюдаются у девочек по сравнению с мальчиками.

Отмечена тенденция к увеличению значений показателей минимальной (R-Rmin) и максимальной (R-Rmax) длительности RR интервалов, снижению значений стандартного отклонения величин нормальных интервалов RR (SDNN) у всех детей от 5 до 8 лет. Наблюдается достоверное снижение показателей RMSSD и pNN50% у мальчиков в период от 5 к 9 годам. У девочек выявлено некоторое повышение величин указанных показателей к 9 годам.

Частотный спектр вариабельности ритма сердца у всех обследованных школьников характеризуется хорошо выраженными волнами высокой, низкой и очень низкой частот (табл. 1).

Таблица 1

*Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма
у учащихся 9 лет (M±m)*

Группы	TP, мс ²	VLF, мс ²	LF, мс ²	HF, мс ²	LF п.у.	HF п.у.	LF/HF п.у.	%VL F	%LF	%HF
ОГ 5 лет	8239,2 ±743,3	1162,6 ±461,5	2416 ±469,0	4659,7 ±473,7	27,9 ±2,8	72,0 ±2,8	0,454 ±0,067	15,1 ±2,4	22,2 ±2,0	62,0 ±3,0
ОГ 6 лет	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#
ОГ 7 лет	6875,1 ±743,3#	2043,3 ±857,6#	1571,1 ±372,7#	3260,7 ±492,4	39,3 ±2,4	60,6 ±2,4	0,764 ±0,077	22,6 ±2,4	29,4 ±1,7	47,9 ±2,9
ОГ 8 лет	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#
М 8 лет	7882,1 ±973,3	1809,1 ±461,5	2241,2 ±469,0	3831,6± 473,7	36,0 ±2,8	63,9 ±2,8	0,683 ±0,67	20,8 ±2,4	27,1 ±2,0	52,0 ±3,0
Д 8 лет	4963,5 ±973,3*	1809,1 ±461,5	1310,5 ±469,0*	2288,0 ±473,7*	35,0 ±2,8	65,0 ±2,8	0,538 ±0,67	20,6 ±2,4	27,5±2 ,0	50,7±3 ,0
ОГ 9 лет	4989,8 ±693,5#	1183,9 ±235,2#	1359,4 ±191,8#	2446,4 ±432,0#	40,9 ±3,1	59,0 ±3,1	0,836 ±0,11	25,3 ±2,7	29,4 ±2,0	45,5 ±3,5
М 9 лет	4068,6 ±748,8	1101,0 ±288,4	1224,4 ±328,6	1743,0 ±601,1	45,3 ±4,6	54,6 ±4,6	1,021 ±0,195	29,6 ±4,4	30,9 ±3,2	40,0 ±4,8
Д 9 лет	5911,0 ±873,1*	1266,7 ±382,3	1494,3 ±205,7	3149,8 ±577,8*	36,6 ±3,9*	63,4 ±3,9	0,652 ±0,103*	21,1 ±2,9*	27,8 ±2,6	51,0 ±4,8*

*Примечание: ОГ – общая группа; М – мальчики; Д – девочки; # – достоверность погодных различий; * – достоверность различий между показателями у мальчиков и девочек*

Выявлены достоверные возрастные различия показателей общей мощности спектра (TP, мс²) и мощности низко- и высокочастотного компонентов спектра ВРС, вычисленных в абсолютных единицах (LF, мс²; HF, мс²) в период от 5 к 9 годам. Отмечено достоверное снижение указанных показателей от 5 к 7 годам и от 8 к 9 годам как у мальчиков, так и у девочек.

Выявлены половые различия в значениях показателей спектрального анализа в 8 и 9 лет. В 8 лет показатели общей мощности спектра (TP, мс²) и мощности низко- и высокочастотного компонентов спектра ВРС, вычисленных в абсолютных единицах (LF, мс²; HF, мс²) были достоверно ниже у девочек в сравнении с мальчиками. В 9-летнем возрасте отмечены достоверно более высокие значения показателей, HF(мс²) и TP(мс²) у девочек по сравнению с мальчиками. Не выявлено половых различий в показателях очень низкочастотных и низкочастотных колебаний ВРС, выраженных в абсолютных, нормализованных единицах и процентах (LF(п.у) %).

У девочек 9 лет отмечаются достоверно более высокие значения высокочастотных колебаний в абсолютных единицах и процентах. Показатель отношения низкочастотных колебаний к высокочастотным достоверно ниже у девочек 9 лет, что свидетельствует о преобладании у них парасимпатических влияний в регуляции сердечного ритма (табл. 1).

Таблица 2

*Показатели временного анализа вариабельности сердечного ритма
у учащихся 5 – 9 лет ($M \pm m$)*

Группы	R-Rmin	R-Rmax	RRNN	SDNN	RMSS D	pNN50	CV
ОГ 5 лет	414,00 ±29,31	1032,77 ±105,08	664,81 ±13,36	71,03 ±12,19	93,37 ±15,93	35,83 ±3,04	10,68 ±1,66
ОГ 6 лет	311,07 ±17,85#	923,61 ±21,38	651,82 ±12,69	77,00 ±5,67	88,51 ±6,21	36,59 ±3,10	11,62 ±0,93
ОГ 7 лет	467,53 ±60,9#	925,33 ±21,1	675,40 ±21,15	65,20 ±8,51	69,13 ±11,49#	31,89 ±5,94	9,30# ±0,93
ОГ 8 лет	375,0 ±27,1	918,0 ±62,9	660,0 ±15,4	63,0 5,4	62,0 ±7,0	31,2 ±3,0	9,4 ±0,8
М 8 лет	361 ±19,31	977,2 ±25,08	658, 81 ±13,36	74,03 ±8,19	90,37 ±8,93	36,22 ±3,04	11,18 ±1,66
Д 8 лет	375 ±19,31	918,2 ±25,08	660, 0 ±13,36	63,03 ±8,19	62,00 ±8,93	31,22 ±3,04	9,49 ±0,87
ОГ 9 лет	549,8 ±12,1#	919,3 ±31,6	696,6 ±19,2	61,9 ±4,6	64,5 ±5,7	33,0 ±3,6	8,6 ±0,4
М 9 лет	542,0 ±15,7	861,5 ±34,3	673,6 ±22,7	54,4 ±6,3	54,8 ±6,8	26,6 ±4,3	7,8 ±0,6
Д 9 лет	557,5 ±19,0	977,2 ±49,3	719,6 ±30,5	69,4* ±6,3	74,2* ±8,5	39,3* ±5,3	9,4* ±0,5

Примечания: см. в таблице 1

Различия в значениях показателей временного анализа ВРС между детьми разного пола выявлены в 9-летнем возрасте: у девочек величины показателей RRNN, R-Rmin, R-Rmax, SDNN, RMSSD, pNN50% достоверно выше в сравнении с таковыми у мальчиков, что свидетельствует о преобладании парасимпатический влияний на ритм сердца у девочек. Преобладание парасимпатического компонента в структуре ВРС девятилетних девочек согласуется с представлением об адаптационно-трофическом действии блуждающих нервов на сердце и является показателем индивидуальной устойчивости здорового организма к стрессирующим факторам [8, 6].

Таким образом, исследование вариабельности сердечного ритма детей 5-9 лет в состоянии относительного покоя показало, что значения спектральных и временных показателей ВРС соответствуют таковым, приводимым в ряде исследований [6 и др.] и указанным в международных стандартах [17]. У всех обследованных детей частотный спектр ВРС характеризовался хорошо выраженными волнами высокой, низкой и очень низкой частот. При этом с возрастом у большинства обследованных школьников суммарная мощность спектра в диапазоне высоких частот становится доминирующей 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 [6]. По данным ряда авторов [8, 21] 9-летний возраст характеризуется усилением влияния парасимпатического отдела АНС и снижением активности центрального контура регуля-

ции. Среди обследованных детей 9 лет 35% составляют дети с преобладанием парасимпатической активности в регуляции сердечного ритма.

Выявленное преобладание парасимпатических влияний на сердечный ритм и более высокая суммарная активность нейрогуморальных влияний на сердечный ритм у девочек 9 лет также свидетельствуют о большей устойчивости девочек 9 лет к стрессирующим факторам в сравнении с мальчиками этого же возраста.

Как показано в работах Pomeranz et al. [24], и др. изменение отношения LF/HF характеризует изменения симпатической активности, а по мнению Pagani et al [23], и др. может характеризовать симпато-парасимпатический баланс. Мы также использовали данный показатель как отражение симпато-парасимпатического равновесия и разделили всех детей согласно значениям LF/HF. По показателю LF/HF, характеризующему соотношение симпатических и парасимпатических влияний, все обследуемые дети 8 лет 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 5-9 лет с разным типом регуляции сердечного ритма.

Дети с преобладанием симпатической активности в регуляции сердечного ритма характеризуются достоверно более низкой общей мощностью спектра в сравнении с детьми 2-ой и 3-ей групп за счет более низкой мощности высокочастотного компонента ВРС (HF). У детей с преобладанием симпатических влияний структура симпатико-парасимпатического воздействия на сердечный ритм характеризуется большим вкладом в регуляцию СР центральных эрготропных и симпатических влияний. Показатели временного анализа ВРС у детей 1-ой группы характеризуются достоверно более низкими значениями SDNN, свидетельствующими о сниженной вариабельности сердечного ритма и низкими значениями показателя RMSSD, что говорит о низкой активности высокочастотных колебаний у детей 1-ой группы.

Таким образом, исследование вариабельности сердечного ритма школьников в состоянии относительного покоя показало, что 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 [6].

Выявлены возрастные изменения в структуре вариабельности сердечного ритма, характеризующиеся снижением общей мощности спектра вариабельности сердечного ритма и низко- и высокочастотных компонентов спектра от 5 к 7 годам и от 8 к 9 годам. У детей 9 лет отмечены половые различия в структуре вариабельности сердечного ритма, характеризующиеся большей общей мощностью спектра ВРС, преобладанием парасимпатических влияний на сердечный ритм у девочек в сравнении с мальчиками того же возраста.

Таблица 3

Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у учащихся 5-9 лет с разным типом автономной нервной регуляции (M±m)

Воз раст	тип АНР	TP мс ²	VLF мс ²	LF мс ²	HF мс ²	LF п.у.	HF п.у.	LF/HF п.у.	VLF %	LF %	HF%
5 лет	1	1967,0 ±545,4	481,4 ±102,9	871,6 ±260,6	614,1 ±119	59,2 ±1,3	40,7 ±1,3	1,5 ±0,09	28,9 ±3,9	42,0 ±2,3	29 ±1,9
	2	11578,8 ±751,2*	976,4* ±480,5	2493,9 ±711,4*	3108,3 ±911*	43,1*± 1,6*	56,8 ±1,6*	0,7 ±0,05*	27,6 ±4,5*	31,1 ±2,2*	41,2 ±3,0*
	3	7716,2* ±438,0	867,4* ±143,9	1327,9 ±188,9	5521* ±915,1	23,7* ±1,9	76,3 ±1,9*	0,32 ±0,03	13,7 ±2,1*	20,3 ±2,5	66 ±2,7*
6 лет	1	4840,0 ±521,8	1453,7 ±257,3	1969,0 ±521,5	1417,2 ±830,1	57,71 ±1,2	42,29 ±1,2	1,42 ±0,036	28,0 ±2,7	41,5 ±1,2	30,4 ±2,0
	2	7075,5 ±863,0	1495,5 ±829,9	2249,8 ±610,0	3330,3 ±454,6	41,8 ±3,1	58,12 ±3,1	0,72 ±0,05	23,9 ±6,9	31,7 ±2,4	44,3 ±3,1
	3	8488,6 ±386,3	3340,2 ±829,9	1379,7 ±610,0	3768,5 ±454,6	23,2 ±3,1	76,75 ±3,1	0,32 ±0,05	21,1 ±4,9	17,6 ±2,5	61,3 ±3,1
7 лет	1	5715,2 ±992,2	1479,8 ±755,0	2694,6 ±1553,1	1541,2 ±886,0	63,04 ±1,4	36,96 ±1,4	1,72 ±0,1	29,4 ±3,3	44,6 ±2,8	25,9 ±0,9
	2	4131,8 ±943,3	1205,2 ±383,8	1399,6 401,8	1527,2 ±396,3	46,48 ±2,0	53,52 ±2,0	0,891 ±0,09	30,4 ±4,7	32,4 ±3,0	37,1 ±3,0
	3	7811,4 ±955,0	967,8 ±183,1	1890,8 680,9	4953,0 ±866,3	28,74 ±1,2	71,26 ±1,2	0,405 ±0,02	19,5 ±3,7	23,0 ±2,2	57,4 ±4,4
8 лет	1	6272,1 ±969,9	1169,9 ±228,9	2485,9 ±529,9	2331,4 ±490,4	51,64 ±3,1	48,35 ±3,1	1,300 ±0,24	27,26 ±2,8	37,57 ±2,6	35,14 ±2,7
	2	5884,3 ±925,6	1226,1 ±224,4	1949,1 ±467,1	2709,0 ±587,7	40,45 ±1,3	59,55 ±1,3	0,695 ±0,04	25,42 ±2,6	30,13 ±1,4	44,4 ±1,9
	3	8003,3 ±943,5	1076,2 ±212,6	1829,2 ±511,4	5097,8 ±979,2	24,85 ±1,7	75,15 ±1,7	0,34 ±0,03	16,20 ±2,0	20,6 ±1,4	63,19 ±2,6
9 лет	1	2903,8 ±583,2	1036,3 ±380,6	1087,5 ±183,7	780,0 ±146,7	58,1 ±2,3	41,8 ±2,3	1,46 ±0,17	33,0 ±4,4	38,8 ±2,8	29,0 ±2,7
	2	6682,5± 560,6*	1773,7 ±522,0	1914,8 ±451,4	2993,7± 300,2*	39,6* ±1,8	60,3* ±1,8	0,669* ±0,054	27,3 ±4,9	28,8 ±2,3*	43,8* ±3,3
	3	5117,6± 557,6*	662,3* ±91,8	985,7 ±195,6*	3469,5± 318,0*	23,4 ±2,4*	76,5* ±2,4	0,316* ±0,040	14,9 ±2,1*	19,6* ±1,8	65,4* ±3,5

*Примечание: 1 группа – симпатотоники; 2 группа – нормотоники; 3 группа ваготоники; * – достоверность различий между группами с разным типом АНС*

ВЫВОДЫ

1. Выявлены возрастные изменения в структуре вариабельности сердечного ритма, характеризующиеся снижением общей мощности спектра вариабельности сердечного ритма и низко- и высокочастотных компонентов спектра от 5 к 7 годам и от 8 к 9 годам.

2. Выявлены половые отличия в структуре вариабельности сердечного ритма у детей 9 лет, характеризующиеся большей общей мощностью спектра ВРС, преобладанием парасимпатических влияний на сердечный ритм у девочек в сравнении с мальчиками того же возраста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // <http://koj.Ecg.ru/books>.
2. Вотякова О.И. Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у здоровых детей и подростков / О.И. Вотякова, А.И. Рывкин, М.С. Власова, О.В. Калинина // Вестник Иван. мед. акад. – 2003. – 8 прил. – С. 18-19.
3. Горст В.Р. Интегративная деятельность нервной системы и адаптивные возможности человека / В.Р. Горст, Н.А. Горст, О.В. Черкашина, И.А. Горюнов, А.Э. Мамедов, А.А. Городовенко // Структурные преобразования органов и тканей в норме и при воздействии антропогенных факторов: Сб. науч. тр. / Астрах. гос. мед. акад. – Астрахань, 2004. – С. 89–92.
4. Доцоев Л.А. Барорецепторный рефлекс и артериальная ригидность у школьников/ Л.А. Доцоев, А.А. Астадов, А.М. Усинин // Физиология человека. – 2011. – 37, №3. – С. 27–35.
5. Крещановская Е.Б. Механизмы становления адаптивных свойств ребенка в процессе его роста, развития и перехода от нормы к патологии / Е.Б. Крещановская, Б.А. Пыхтеев // Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение. – Ижевск, 1996. – С. 89.
6. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. Гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
7. Осколкова М.К. Функциональные методы исследования системы кровообращения у детей / М.К. Осколкова. – М.: Медицина, 1988. – 272 с.
8. Панкова Н.Б. Функциональное развитие вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы в онтогенезе человека // Физиол. журнал им. И.М. Сеченова, 2008. – 94. – №3. – С. 267–275.
9. Степанова, О.В. Особенности реакций сердечно-сосудистой системы на тестовые нагрузки у детей дошкольного возраста: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / О.В. Степанова. – Москва, 1986. – 20 с.
10. Шлык Н.И. Особенности вегетативной регуляции у школьников при умственной и физической нагрузке (по данным математического анализа сердечного ритма) / Н.И. Шлык, Т.В.Красноперова, Е.Н. Сапожникова и др. // Программ. обуч. и компьютериз. В учеб.-тренировочном процессе. – Ижевск: Удм. Гос. ун-т, 1996. – С. 84–97.
11. Шлык Н.И. Типологические характеристики функционального состояния регуляторных систем у школьников и юных спортсменов / Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова, Т.Г. Кирилова, В.Г. Семенов // Физиология человека. – 2009. – 35, №6. – С. 85–93.
12. Alkon A, Boyce WT, Davis NV, Eskenazi B. Developmental changes in autonomic nervous system resting and reactivity measures in Latino children from 6 to 60 months of age // J Dev Behav Pediatr. – 2011 №32(9):668-77.
13. Aziz W, Schlindwein FS, Wailoo M, Biala T, Rocha FC. Heart rate variability analysis of normal and growth restricted children. //Clin Auton Res. – 2012. – 22(2). – P. 91-7.

14. Chen S.R., Chiu H.W., Lee Y.J., Sheen T.C., Jeng C. Impact of Pubertal Development and Physical Activity on Heart Rate Variability in Overweight and Obese Children in Taiwan // *J Sch Nurs.* – 2012. – 23.
15. Dietrich A. Reproducibility of heart rate variability and baroreflex sensitivity measurements in children / Dietrich A., Rosmalen J.G., Althaus M, van Roon AM, Mulder LJ, Minderaa RB, Oldehinkel AJ, Riese H. // *Biol Psychol.* – 2010. – 85, №1. – P. 71-78.
16. Duman L. Heart rate variability analysis reveals a shift in autonomic balance towards an increase in parasympathetic tonus in boys with undescended testis / Duman L., Demirci M, Tanyel FC // *Eur J Pediatr Surg.* – 2010. – 20, №3. – P:150–152.
17. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // *Circulation.* – 1996. – 93. – P. 1043-1065.
18. Hinnant JB, Elmore-Staton L, El-Sheikh Developmental trajectories of respiratory sinus arrhythmia and preejection period in middle childhood // *MDev Psychobiol.* – 2011. – 53(1). – P. 59-68.
19. Hollenstein T, McNeely A, Eastabrook J, Mackey A, Flynn J. Sympathetic and parasympathetic responses to social stress across adolescence // *Dev Psychobiol.* – 2012. – №54(2). – P. 207-14.
20. Krämer M, Seefeldt WL, Heinrichs N, Tuschen-Caffier B, Schmitz J, Wolf OT, Blechert J. Subjective, autonomic, and endocrine reactivity during social stress in children with social phobia // *J Abnorm Child Psychol.* – 2012. – 40(1). – P. 95-104.
21. Longin E Autonomic nervous system function in infants and adolescents: impact of autonomic tests on heart rate variability / Longin E, Dimitriadis C, Shazi S, Gerstner T, Lenz T, König S. // *Pediatr Cardiol.* – 2009. – 30, №3. – P. 311-24.
22. Montano N. Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt / Montano N., Ruscone T.G., Porta A. et al. // *Circulation.* – 1994. – Vol. 90, N 4. – P. 1826-1831.
23. Pagani M. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog / Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S et al *COT Res* 1986; 59: 178-193.
24. Pomeranz M. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis / Pomeranz M, Macaulay RJB, Caudill MA. *Am J Physiol* 1985; 248: H151–H53.
25. Stifter CA, Dollar JM, Cipriano EA. Temperament and emotion regulation: the role of autonomic nervous system reactivity // *Dev Psychobiol.* – 2011. – №53(3). – P. 266-79.
26. Ubiria I. Relation between Heart Rate Variability and Peak Expiratory Flow in Healthy Schoolchildren / Ubiria I., Telia A., Abuladze G. *Bull. Of the Georgian Academy of Sciences.* – 2003. – 167, № 3. – P. 546-548.
27. van Dijk AE, van Eijsden M, Stronks K, Gemke RJ, Vrijkotte TG. Prenatal stress and balance of the child's cardiac autonomic nervous system at age 5-6 years // *PLoS One.* – 2012. – №37(1):e30413.