

# ИССЛЕДОВАНИЕ БАРОРЕФЛЕКТОРНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В ПОПУЛЯЦИИ ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

О.В.Кузнецова<sup>1</sup>

Институт возрастной физиологии РАО г. Москва

*Выявлены некоторые половые и возрастные различия барорефлекторной чувствительности у мальчиков и девочек в возрасте от 8 до 11 лет при спонтанном и индуцированном барорефлексе, показаны корреляционные зависимости между показателем барорефлекторной чувствительности и спектральными компонентами вариабельности сердечного ритма и вариабельности ритма артериального давления.*

**Ключевые слова:** *вариабельность сердечного ритма, вегетативная нервная система, барорефлекс, школьники.*

*Some sex and age-related differences of baroreflex sensitivity at spontaneous and induced baroreflex were revealed in boys and girls aged 8–11 years. Correlation dependences between the baroreflex sensitivity parameter and spectral components of heart rate and blood pressure variability were shown.*

**Key words:** *heart rate variability, vegetative nervous system, baroreflex, schoolchildren, blood pressure*

Эффективность барорефлекторной регуляции зависит от барорефлекторной чувствительности, которая определяется как отношение изменений ЧСС к сдвигам АД [9; 13; 35].

Важнейшими барорецепторными зонами являются области дуги аорты и каротидного синуса. Многочисленные барорецепторы, возбуждающиеся при растяжении стенок сосуда под действием трансмурального давления, расположены в стенках крупных внутригрудных и шейных артерий. [6;12]. Механизм барорефлекса действует по принципу обратной связи: сигналы, поступающие от барорецепторов при кратковременных сдвигах АД, вызывают рефлекторные изменения сердечного выброса и периферического сопротивления, в результате чего восстанавливается исходный уровень давления [10,22–23,44–45].

Считают, что барорефлекторная регуляция может зависеть от таких факторов, как: чувствительность барорецепторов артерий, состояние автономной нервной системы (АНС) и чувствительность синусового узла к вегетативным влияниям [15], которые, в свою очередь, могут иметь индивидуальную, возрастные и половые особенности [14;15].

Уровень барорефлекторной чувствительности может использоваться в оценке вегетативного обеспечения кардио-васкулярной системы. В настоящее время за рубежом все больше внимания привлекает именно этот вопрос, и в научной лите-

---

Контакты: <sup>1</sup> О.В.Кузнецова

ратуре он освещается довольно широко [31;44; 32; 20; 26; 29; 30; 33–34; 36; 39–40; 42–43; 46]. До недавнего времени непрерывная регистрация артериального давления была возможна только инвазивным путем. Классическая процедура оценки (Оксфордский тест) включает измерение внутриартериального давления и измерение периода рефлекса с помощью введения фенилфerrина в кровяное русло [45]. Были попытки с помощью особого приспособления изменять давление в синокаротидной зоне, путем давления или присасывания извне на область шеи [33], поскольку до недавнего времени непрерывная регистрация артериального давления была возможна только инвазивным путем. Классическая процедура оценки (Оксфордский тест) включает измерение внутриартериального давления и измерение периода рефлекса с помощью введения фенилфerrина в кровяное русло [45]. Были попытки с помощью особого приспособления изменять давление в синокаротидной зоне, путем давления или присасывания извне на область шеи [33]. В следствии этого, значения барорефлекса не оценивались для широкой популяции здоровых людей. В отечественной литературе имеются лишь немногочисленные данные для взрослого населения [15; 46]. По детскому возрасту данных фактически нет.

В настоящее время, с появлением технических возможностей, появились методики изучения барорефлекса неинвазивными способами.

Так как барорецепторы действуют как пропорционально-дифференциальные датчики, на колебания артериального давления во время сердечного цикла они реагируют ритмичными залпами разрядов, частота которых изменяется тем больше, чем выше амплитуда и скорость нарастания волны давления, передавая информацию не только о среднем АД, но также об амплитуде колебаний давления и крутизне его нарастания, а следовательно, и о ритме сердца [20;45]. При непрерывном измерении давления по реакции частоты сердечных сокращений на изменение АД, возможно определение барорефлекторной чувствительности. Существуют методы временные [15; 26], когда количественная оценка барорефлекторной чувствительности основана на исследовании связи между изменениями амплитуды пульсовых колебаний АД и динамикой длительности кардиоциклов, и частотные [9;35], когда оценка барорефлекторной чувствительности основана на исследовании соотношения медленночастотной составляющей в спектре ритма сердца и медленночастотной составляющей в ритме систолического давления.

По мнению некоторых авторов, наиболее отчетливую барорефлекторную реакцию ЧСС можно получить при дыхании с частотой 6 ц/мин., вызывающем значимое изменение АД, связанное с изменениями внутригрудного давления [9; 35; 46].

Целью исследования было оценить барорефлекторную чувствительность у здоровых детей младшего школьного возраста в условиях спокойного бодрствования и ортостаза (спонтанный барорефлекс) и при дыхании 6 дыхательных циклов в минуту (индуцированный барорефлекс).

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование variability ритма частоты сердечных сокращений и артериального давления проводилось при помощи спектрального анализа. Бароре-

флексорная чувствительность оценивалась по изменению мощности колебаний ритма сердца в диапазоне LF-частот. Расчет значения барорефлекторной чувствительности производился путем извлечения квадратного корня из отношения  $LF (ms^2)$  к  $LF (mmHg^2)$ [9].

$$БРЧ = \sqrt{\frac{LF_{ВРС} \text{ ms}^2}{LF_{ВР АДС} \text{ mmHg}^2}}$$

Для регистрации ЭКГ и АД был использован, «спироартериокардиограф» (САКР), разработанный ООО «Интокс» (С.-Петербург), позволяющий непрерывно и синхронно регистрировать показатели сердечного ритма, артериального давления, дыхания и проводить визуальный и компьютерный анализ ритмограмм ЧСС, АД и дыхания.

Для оценки барорефлекторной чувствительности при спонтанном барорефлексе производили запись ЭКГ, кривой ритма АД и ритма объемно-скоростных показателей дыхания в состоянии покоя (в положении лежа) и при ортостатической пробе с обычным дыханием. Для оценки барорефлекторной чувствительности при индуцированном барорефлексе применяли пробу с навязанным ритмом дыхания с частотой 6 дыхательных циклов в минуту, при этом ребенок должен был делать полный плавный вдох в течение 5 секунд и 5 секунд выдох. В момент снятия показаний производился обязательный визуальный контроль записи кардиограммы и кривой изменения АД.

В исследовании принимали участие 240 учащихся средних общеобразовательных школ г. Москвы, практически здоровых, в возрасте 8–11 лет.

При проведении обследования и обработке результатов руководствовались рекомендациями «Стандартов и Норм» [27].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Данные эксперимента показали, что значение барорефлекторной чувствительности (БРЧ) при индуцированном барорефлексе существенно превышает такое при спонтанном барорефлексе (рис. 1), что согласуется с данными литературы [46].

В значениях показателя БРЧ существенных половых и возрастных отличий нет, хотя отчетливо прослеживается тенденция к более низким значениям индуцированного БР у мальчиков, чем у девочек, и его понижения от 8 к 11 годам у детей обоих полов (рис.1).

Корреляционный анализ выявил связи между некоторыми составляющими спектров variability ритма сердца, артериального давления и дыхания и значениями барорефлекторной чувствительности (БРЧ). Больше количество корреляционных связей наблюдалось при индуцированном барорефлексе, чем при спонтанном.

Интересно отметить возрастные и половые отличия корреляционных матриц при медленном дыхании (табл.1). Такие показатели как ЧСС, длительность R–R интервала, общая мощность variability ритма сердца (ТРВРС) и общая

мощность вариабельности систолического давления (ТРАДС) фигурировали в корреляционных матрицах всех возрастно-половых групп. У всех девочек, начиная с 9 лет, и мальчиков 8–9 лет довольно высокий коэффициент корреляции возникает между БРЧ и систолическим АД (табл.1).

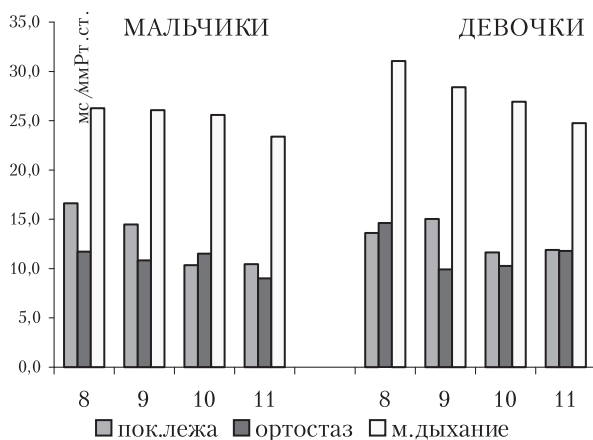


Рис. 1. Средние показатели барорефлекторной чувствительности при спонтанном (покложа, ортостаз) и индуцированном (м.дыхание) барорефлексе у мальчиков и девочек 8–11 лет.

А.В. Писарук [15] описывает обратное явление у стариков, и расценивает это как свидетельство усиления жесткости связей в системе регулирования [15].

При кластерном анализе по уровню барорефлекторной чувствительности (БРЧ) были выделены три группы детей. При этом предварительно кластеризовались данные: а) в совокупной выборке мальчиков и девочек всех возрастов, б) в объединенной группе мальчиков и девочек 8–11 лет, в) в такой же группе 8–9 лет (группы младшие мальчики и младшие девочки), г) в группе 10–11 лет (старшие мальчики и старшие девочки) д) в разделенных по возрасту и полу группах 8, 9, 10 и 11-летних детей по показателям БРЧ, высчитанной при спонтанном и индуцированном барорефлексе отдельно, и затем полученные при всех перечисленных способах формирования выборки кластеры сравнивались между собой с расчетом t-критерия. Выяснилось, что достоверно отличаются по БРЧ внутри одной поло-возрастной группы кластеры, полученные на основе кластеризации показателя барочувствительности, высчитанной при спонтанном барорефлексе в покое. Далее, эти кластеры сравнивались в разных возрастных диапазонах, в результате чего между кластерами детей, различающихся по возрасту, но сходных по БРЧ, достоверных отличий выявлено не было. Поэтому мы посчитали возможным не разбивать совокупную выборку на возрастные группы, а объединить испытуемых в 2 группы, отличающиеся по полу, в каждую из которых входили дети всего возрастного диапазона от 8 до 11 лет.

Таблица 1

Значимые корреляционные зависимости ( $p < 0.05$ ) между БРЧ и некоторыми показателями ЧСС, АД, спектральными составляющими вариабельности сердечного ритма, артериального давления при индуцированном барорефлексе

Дыхание 6 циклов/мин	девочки				мальчики			
	8 лет	9 лет	10 лет	11 лет	8 лет	9 лет	10 лет	11 лет
ЧСС уд/мин	-0,66	-0,40	-0,55	-0,67	-0,58	-0,73	-0,54	-0,51
TP ВРС, мс <sup>2</sup>	0,41	0,75	0,48	0,36	0,60	0,42	0,55	0,56
VLF ВРС, мс <sup>2</sup>	0,65	0,71						0,43
LF ВРС, мс <sup>2</sup>		0,68	0,48		0,56	0,44	0,58	0,63
HF ВРС, мс <sup>2</sup>		0,64			0,62		0,48	
АДС, ммРт.ст. <sup>2</sup>		-0,61	-0,63	-0,71	-0,63	-0,65		
TP АДС, ммРт.ст. <sup>2</sup>	-0,53	-0,50	-0,64	-0,47	-0,46	-0,51		
TP АДД, ммРт.ст. <sup>2</sup>	-0,50		-0,51		-0,50	-0,50		
VLF АДС, ммРт.ст. <sup>2</sup>			-0,63		-0,48	-0,44		
VLF АДД, ммРт.ст. <sup>2</sup>	-0,62		-0,67			-0,44		
LF АДС, ммРт.ст. <sup>2</sup>	-0,57	-0,59	-0,67	-0,55	-0,43	-0,52		-0,47
LF АДД, ммРт.ст. <sup>2</sup>	-0,42				-0,45	-0,47		
LF АДС п.у.	-0,45				-0,74	-0,57		
LF АДД п.у.				-0,50	-0,60	-0,66		
HF АДС, ммРт.ст. <sup>2</sup>	-0,52	-0,46	-0,52		-0,40			
<b>Кол-во показателей, имеющих коэф.корр. <math>\geq 0,5</math></b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица 2

Описательные статистики для кластеров, выделенных на основе показателя барорефлекторной чувствительности (мс/мм Рт.ст.)

Мальчики 8–11 лет					Девочки 8–11 лет				
Кластер	М	$\sigma$	CV	N	Кластер	М	$\sigma$	CV	N
1	22,91	3,22	10,38	25	1	24,78	5,24	27,5	15
2	11,49	2,21	4,91	25	2	13,78	2,62	6,8	27
3	6,36	1,72	2,96	25	3	7,88	1,85	3,4	38

Каждая из двух совокупных выборок разделилась на 3 кластера, различающихся по наполняемости и дисперсии показателя БРЧ (табл.2). От первого к третьему кластеру значение БРЧ последовательно уменьшается вдвое, причем у девочек оно несколько выше, чем у мальчиков в соответствующих группах.

По наполняемости (N) кластеры также неодинаковы у детей разного пола. Если у мальчиков все три кластера примерно равны (по 30 % выборки 1 и 2 кластеры и 40 % выборки – 3 кластер), то у девочек в кластер №1 вошло 20 % испытуемых школьниц, в кластер №2 – 33% и в кластер №3 вошли остальные 47 %. И у мальчиков, и у девочек самым наполненным оказался кластер №3, в котором отмечалась наиболее низкая БРЧ ( $6,36 \pm 1,72$  мс/ммРт.ст. у мальчиков и  $7,88 \pm 1,85$  мс/ммРт.ст. у девочек).

В таблицах 3 и 4 приведены параметры гемодинамики и дыхания, а также спектральные характеристики variability ритмов РГДС у мальчиков и девочек, отнесенных к трем разным кластерам по барорефлекторной чувствительности.

В совокупной выборке мальчиков наибольшее количество достоверных отличий наблюдается между кластерами №1 и №3 (по 22 показателям, по 11 показателям между кластерами №2 и №3, и только по 9 показателям между кластерами №1 и №2). Как видно из таблиц, ЧСС достоверно возрастает от первого кластера к третьему и у девочек она больше в одноименных кластерах в среднем на 2–3 удара. Также возрастает систолическое АД, а вот диастолическое АД практически не меняется.

По спектральным составляющим первый кластер характеризуется наибольшей общей мощностью ВРС, мощностью в диапазоне VLF и HF, наибольшей ваготонией (только у мальчиков) в ритме сердца. Спектр ВР АД первого кластера, наоборот, характеризуется наименьшей общей мощностью и всеми остальными спектральными компонентами в абсолютных величинах.

В первый кластер вошли дети с преобладанием HF в процентном соотношении, соответственно с более низким значением вегетативного баланса (в выборке испытуемых мужского пола – в ритме АДС и АДД, в выборке испытуемых женского пола – только в ритме АДД).

Таким образом, было выявлено три группы испытуемых, отличающихся высокой, низкой и средней БРЧ. Выделенные группы характеризуются различной вариативностью описываемого показателя и наполняемостью группы. Наибольшее количество достоверных отличий от двух других имеет группа с низкой БРЧ. Дети с высокой БРЧ имеют наименьшие значения ЧСС, АДС; наибольшие значения АДД и длительности вдоха и выдоха.

В ряде современных исследований, посвященных вопросу изучения адаптивных возможностей системы кровообращения при выполнении физических и умственных нагрузок, подчеркивается существенная роль индивидуально-типологических особенностей автономной нервной регуляции организма в реализации успешной приспособительной деятельности [5;7–8;11;17;19;21;37–38]. Ряд авторов указывает на неоднородность вегетативной регуляции у детей [18] и

предполагает относительную устойчивость типа автономной нервной регуляции и его генетическую детерминированность [25].

Определение типа автономной нервной регуляции, или так называемого индивидуального вегетативного статуса [24], базируется на оценке исходного вегетативного тонуса (ИВТ) и типе реакции АНС на различные функциональные пробы [5;7–8;11;17;19;21;25]. Определение ИВТ, в целом, основано на выявлении преобладающих влияний со стороны парасимпатического или симпатического отдела АНС на сердечный ритм в исходном состоянии [3;28;41]. Авторы выделяют парасимпатический, или ваготонический, тип регуляции (с преобладанием тонуса парасимпатической нервной системы в регуляции СР), смешанный, или нормотонический, тип (сбалансированные влияния на СР), и симпатотонический тип (с преобладанием тонуса симпатической нервной системы в регуляции СР) [8; 16]. Однако, наши ранее опубликованные [1] данные показали, что в профиле исходного вегетативного тонуса по сердечному, сосудистому и дыхательному звеньям системы дыхания и гемодинамики как единой функциональной системы могут одновременно сочетаться разные значения вегетативного баланса. По этой причине мы предприняли поиск других критериев типизации для рассмотрения индивидуально-типологических особенностей автономной регуляции дыхания и гемодинамики как функциональной системы.

Для регуляции функциональной системы, в классическом ее понимании, типизация на основе чувствительности рецепторного аппарата, на наш взгляд, достаточно обоснована. Еще в работах П.К.Анохина (1932, 1935, 1962 гг.) рецепторам отводится ключевая роль в регуляции функциональных систем как составляющей важнейшего звена биосистемы – обратной афферентации, на основе которой производится афферентный синтез [2]. На основе афферентного синтеза строится тот самый системообразующий фактор, который обладает императивным влиянием на распределение активности между компонентами системы. Таким фактором является «полезный результат системы» [2] или «модель потребного будущего» [4]. Сопоставление результата действия системы сравнивается с этой «моделью» и при отклонении от нее «включаются многочисленные технические аппараты, выравнивающие показатели внутренней среды до должных величин» [2]. По выражению П.К.Анохина, рецептор должен обладать чрезвычайным постоянством, чтобы все колебания и отклонения конечного приспособительного эффекта немедленно приводили к мобилизации выравнивания. По его же выражению, только благодаря врожденным специфическим особенностям рецепторов и их связей с «рабочими аппаратами» система имеет неограниченные возможности выравнивать приспособительный эффект системы. Именно такой взгляд на механизмы регулирования функциональных систем послужил для нас причиной выбора барорефлекторной чувствительности в качестве критерия индивидуально-типологических особенностей регуляции РГДС у детей. И, как показал эксперимент, информативность и устойчивость данного показателя оказалась достаточно высокой.

Таблица 3

Показатели гемодинамики и variability ритмов РГДС внутри кластеров, определенных методом  $k$ -средних на основе барорефлекторной чувствительности, рассчитанной при спонтанном барорефлексе в покое у детей 8–11 лет (мальчики,  $N=80$ )

кл-П	1		2		3		All Grps	
	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.
ЧСС уд/мин	83***	10	85***	9	95**,*	11	88	12
TP, мс <sup>2</sup>	10592***,**	818,7	4918*,***	365,5	2747*,**	202,4	5877	608,1
VLF, мс <sup>2</sup>	835***	55,2	649	40,7	493*	35,3	648	45,7
LF, мс <sup>2</sup>	1669***,**	133,4	1001*,***	893	558*,**	39,5	1044	102,6
LF п.у.	22***	1,2	25	1,3	30*	1,5	26	1,4
HF, мс <sup>2</sup>	7273***,**	635,0	2655*,***	255,9	1483*,**	153,5	3659	462,2
HF п.у.	70***,**	1,4	61*	1,7	61*	1,5	63	1,6
LF/HF	0,37	0,04	0,49	0,04	0,60	0,05	0,50	0,04
АДС, ммРт.ст.	102***,**	7,0	63,3	8,0	110,4*	10,7	107,7	9,6
АДД, ммРт.ст.	64,1	1,02	63,3	0,61	62,5	0,61	63,3	0,75
TPS, ммРт.ст. <sup>2</sup>	20,9***	1,48	29,2***	3,11	52,9*,**	3,06	35,5	3,00
TPD, ммРт.ст. <sup>2</sup>	20,1***	2,25	26,2***	2,04	49,6*,**	3,38	33,1	2,95
VLFS, ммРт.ст. <sup>2</sup>	9,5***	0,85	12,8***	1,32	24,8*,**	1,52	16,2	1,44
VLFD, ммРт.ст. <sup>2</sup>	11,5***	1,70	15,1***	1,27	32,1*,**	2,69	20,3	2,21
LFS, ммРт.ст. <sup>2</sup>	4,2***	0,39	5,6***	0,40	14,9*,**	0,95	8,6	0,82
LFD, ммРт.ст. <sup>2</sup>	3,6***	0,34	5,3***	0,48	10,3*,**	0,79	6,6	0,65
LFS п.у.	35,1***,**	1,40	45,4*	1,90	54,6*	1,61	45,6	1,82
LFD п.у.	45,3***	1,44	53,0	1,61	61,0*	1,80	53,6	1,74
HFS, ммРт.ст. <sup>2</sup>	6,5***	0,41	9,8	2,17	11,0*	1,34	9,2	1,48
HFD, ммРт.ст. <sup>2</sup>	4,3***	0,43	5,1	0,88	5,8*	0,66	5,1	0,67
HFS п.у.	57,0***,**	1,36	46,5*,***	1,93	37,7*,**	13,1	46,5	1,72
HFD п.у.	45,8***	1,31	38,9	1,69	32,2*	1,59	38,5	1,62
LF/HFS	0,8***,**	0,07	1,4*	1,01	2,0*	2,01	1,4	1,06
LF/HFD	1,2***	0,09	1,8	1,02	2,5*	1,06	1,9	1,04
TPSP, л/м <sup>2</sup>	253,9	18,42	299,9	15,92	340,0	19,52	300,6	18,24
VLFS, л/м <sup>2</sup>	103,7	15,92	162,5	16,62	178,9	20,14	150,2	17,90
LFSP, л/м <sup>2</sup>	25,0	3,39	17,0	1,35	13,9	1,03	18,3	2,16
LFSP п.у.	15,5	1,29	15,0	1,28	14,8	1,43	15,1	1,33
HFSP, л/м <sup>2</sup>	107,9	8,44	87,3	7,28	121,3	12,18	106,5	9,70
HFSP п.у.	71,0	1,47	62,7	17,2	69,8	19,0	68,0	1,73
LF/HFSP	0,25	0,025	0,26	0,024	0,27	0,031	0,26	0,027
T insp, с	1,76	0,095	2,55	0,209	1,72	0,129	1,99	0,154
T exp, с	1,99**	0,090	1,28*	0,086	1,87	1,052	1,72	1,019
V insp, л	0,21	0,010	0,20	0,008	0,21	0,008	0,21	0,009

\* – статистически достоверные отличия от кластера №1;

\*\* – статистически достоверные отличия от кластера №2;

\*\*\* – статистически достоверные отличия от кластера №3;



Таблица 4

Показатели гемодинамики и variability ритмов РГДС внутри кластеров, определенных методом  $k$ -средних на основе барорефлекторной чувствительности, рассчитанной при спонтанном барорефлексе в покое у детей 8–11 лет (девочки,  $N=80$ )

кл-П	1		2		3		All Grps	
	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.	Means	Std.Dev.
ЧСС уд/мин	81***, **	9	88*, ***	10	97**, *	9,4	91,5	11
TP, мс <sup>2</sup>	9788***, **	564,3	4475*, ***	296,0	2868*, **	182,8	4708	407,9
VLF, мс <sup>2</sup>	1106***, **	66,6	604 *	43,3	606*	57,0	699	5,7
LF, мс <sup>2</sup>	2405***, **	265,4	675 *	44,2	533*	33,3	932	10,2
LF п.у.	28	1,5	21 ***	0,9	28 **	1,1	26	1,2
HF, мс <sup>2</sup>	5347***, **	339	2812*, ***	215	1538*, **	139	2683	254
HF п.у.	63	1,5	68	1,5	63	1,6	65	1,5
LF/HF ВРС	0,54	0,05	0,35	0,02	0,54	0,04	0,48	0,04
АДС, ммРт.ст.	106***	10,2	106,5 ***	5,8	115,7*, **	7,5	110,7	8,9
АДД, ммРт.ст.	67	7,9	63,5	5,3	65	6,7	65	6,0
TPS, ммРт.ст. <sup>2</sup>	17,4***	1,2	18,2***	1,24	39,9*, **	1,87	28,4	1,9
TPD, ммРт.ст. <sup>2</sup>	17,1***	1,4	13,9***	6,5	32,7*, **	1,9	23,48	1,7
VLFS, ммРт.ст. <sup>2</sup>	8,6***	0,6	8***	0,5	21*, **	1,4	14,4	1,2
VLFD, ммРт.ст. <sup>2</sup>	10,4***	0,95	8***	1,27	32,1*, **	2,69	20,3	2,21
LFS, ммРт.ст. <sup>2</sup>	4,3***	0,50	3,6***	0,25	8,7*, **	0,43	6,2	0,47
LFD, ммРт.ст. <sup>2</sup>	3,6	0,32	2,5***	0,14	5,3 **	0,38	4	0,29
LFS п.у.	46 **	1,5	39 *, ***	1,4	47**	1,1	44	1,3
LFD п.у.	49 ***	1,3	44 ***	1,4	57 *, **	1,2	51	1,4
HFS, ммРт.ст. <sup>2</sup>	3,9 ***	0,03	5,7 ***	0,05	8,5 *, **	0,30	6,7	0,21
HFD, ммРт.ст. <sup>2</sup>	2,6	0,11	2,9	0,23	3,5	0,27	3,1	0,23
HFS п.у.	46	1,4	52 ***	1,5	45 **	1,2	48	1,4
HFD п.у.	42	1,0	45 ***	1,3	36 **	1,1	40	1,2
LF/HF ВРАДС	1,1	0,07	0,9	0,01	1,1	0,02	1,15	0,16
LF/HF ВР АДД	1,3	0,08	1,2 ***	0,01	1,9 **	0,01	1,57	0,01
TPSP, л/м <sup>2</sup>	228	19,2	218	14,3	289	14,5	254	15,3
VLSP, л/м <sup>2</sup>	124	16,7	105	15,4	129	15,3	120	15,8
LFSP, л/м <sup>2</sup>	14,6	1,8	12,6	1,3	13,2	1,4	13,3	1,5
LFSP п.у.	16	2,1	13	1,4	12	1,4	13	1,5
HFSP, л/м <sup>2</sup>	75	6,3	76	4,3	113	9,1	94	7,4
HFSP п.у.	67	1,8	68	1,9	71	2,2	69	2,3
LF/HF ВРД	0,33	0,04	0,24	0,03	0,22	0,04	0,25	0,04
T insp, с	2,47	1,6	1,35	0,9	1,5	0,5	1,63	1,05
T exp, с	2,47 ***, **	1,6	1,35 *	0,9	1,5 *	0,5	1,63	1,05
V insp, л	0,19	0,1	0,22	0,2	0,19	0,07	0,2	0,14

\* – статистически достоверные отличия от кластера №1;

\*\* – статистически достоверные отличия от кластера №2;

\*\*\* – статистически достоверные отличия от кластера №3;

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе данных исследования барорефлекторной чувствительности в популяции здоровых детей младшего школьного возраста в нормальных условиях неинвазивным методом выявлено, что значения барорефлекторной чувствительности (БРЧ) при индуцированном барорефлексе существенно превышают таковые при спонтанном барорефлексе.

Корреляционный анализ между спектральными показателями variability ритма сердца, артериального давления и дыхания и значениями барорефлекторной чувствительности, позволил выявить связи между данным показателем и составляющими спектров исследуемых ритмов. Количество показателей, коррелирующих с БРЧ, от 8 к 11 годам уменьшается.

Исследование автономной нервной регуляции у здоровых детей младшего школьного возраста с разной барорефлекторной чувствительностью показало, что в значениях данного показателя существенных половых и возрастных отличий нет, хотя отчетливо прослеживается тенденция к более низким значениям БРЧ при индуцированном барорефлексе у мальчиков, чем у девочек, и их понижению от 8 к 11 годам у детей обоих полов.

Проведенные исследования отчетливо показали наличие индивидуально-типологических различий между детьми с разной барорефлекторной чувствительностью во всех возрастно-половых группах. Кроме того, данный критерий демонстрирует значительную информативность и устойчивость.

Очень важно, на наш взгляд, продолжить изучение барорефлекторной чувствительности и в других возрастных группах, что позволит получить новую информацию как о становлении автономной регуляции висцеральных функций в онтогенезе, так и о механизмах ее деградации в процессе старения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин П.К. Теория функциональной системы как предпосылка к построению физиологической кибернетики: Биологические аспекты кибернетики. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 74–91.
2. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. – М.: Наука. 1980.– 198 с.
3. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: методические рекомендации / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, А.В. Чирейкин // Вестник аритмологии.– 2001.– №24.– С. 65–87.
4. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – М.: Медицина, 1966. –350 с.
5. Берсенева, А.П. Возрастные особенности вегетативной регуляции сердечного ритма при ортостатической пробе у школьников.//Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий: Тезисы докл. междунар. симпозиума.– Москва, 1999.– С.145–147.
6. Григорьева Т.А. Иннервация кровеносных сосудов.– М. 1954, – 98 с.
7. Гуштурова, И.В. Особенности центральной и периферической гемодина-

мики в покое и при физических нагрузках у детей дошкольного возраста: Автореф...канд.биол.наук – Казань, 1996.– 26 с.

8. Догадкина, С.Б. Особенности периферического кровообращения у детей 6–7 лет с разными типами вегетативной нервной регуляции. // Физиология развития человека: Матер. междунар.конф. посвященной 55-летию Института возрастной физиологии РАО.– Москва: НПО «Образование от А до Я», 2000.– С.185–186.

9. Комаров Г.Д., Кучма В.Р, Носкин Л.А. Полисистемный саногенетический мониторинг. – М.: Изд-во «МИПКРО», 2001. – 149 с.

10. Конради Г.П. Регуляция сосудистого тонуса. – Л.: Наука, 1973. – 323 с.

11. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.

12. Морозов Е.К. Сравнительное и экспериментально-морфологическое исследование нервного аппарата синокаротидной рефлексогенной зоны.: Автореф. дис... д-ра биол.наук. – М., – 1980. – 28 с.

13. Носкин Л.А., Пивоваров В.В., Хомич М.М. и др. Полисистемная оценка саногенетического состояния работников завода по производству ядерного топлива. Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой, дыхательной и психомоторной систем. // Радиационная биология и радиоэкология, – М. 2004. – Т. 44 – №3. – С. 269–277.

14. Пархон К.И. Возрастная биология. Клинические и экспериментальные исследования / Под ред. акад. Штефана М. – Милку.: Изд-во лит. на иностр. языках – Бухарест, 1959. – 467 с.;

15. Писарук А.В. Анализ механизмов возрастных изменений системы барорефлекторной регуляции с помощью математической модели. Пробл. старения и долголетия. – 1999. – №2. – С. 26–34.

16. Пономарева Т.А. Срочная адаптация системы кровообращения детей младшего школьного возраста к работе на компьютере: Автореф. дис... канд. биол. наук. – М. – 2005. – 21 с.

17. Сапожникова Е.Н. Ритм сердца у школьников 7–12 лет в покое и при ортостатическом тестировании: Автореф. дис...канд. биол. наук. – Казань. 2003. – 23 с.

18. Соколова О.И., Хаспекова Н.Б., Чечельницкая С.М. Неоднородность механизмов вегетативной регуляции у здоровых детей. // Школа здоровья. Т. 7. №1.– 2000. – С. 90–97.

19. Сорокин О.В., Маркова Е.В., Труфакин С.В, Абрамов В.В., Куликов В.Ю., Козлов В.А. Факторный анализ параметров вегетативной регуляции сердечного ритма у детей //Бюллетень СО РАМН.– 2004.– №1 (III).– С. 32–39.

20. Станкерс А., Алондерис А. Спектрально-когерентный состав взаимосвязи между формой пульсовой волны сонной артерии и сердечным ритмом. // Физиология человека. – 2003. – Т.29. – №3. –с. 76–81

21. Тупицын И.О., Андреева И.Г., Безобразова В.Н. и др. // Физиология развития человека: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Издательство НПО «От А до Я», 2000.– С.148–166.

22. Удельнов М.Г. Физиология сердца. – М.: Изд-во МГУ. 1975. 132 с.
23. Фолков Б., Нил. Э, Кровообращение. – М.: Медицина. 1976. – 463 с.
24. Шидловский В.А. Актуальные вопросы физиологической кибернетики // Физиологическая Кибернетика: Тезисы докладов I Всесоюзной конференции по физиологической кибернетике. – М. 1981.– с. 41
25. Шлык, Н.И., Сапожникова Е.Н., Красноперова Т.В., Об «индивидуальном портрете» механизмов вегетативной регуляции у детей. //Традиционные и нетрадиционные методы оздоровления детей: Тез. докл. VI межд. конф.– Смоленск, 1997.– С.243.
26. Яковлева О.И., Мамонтов О.В, Яковлев А.Н. Влияние длительной терапии эпросартаном на структурно-функциональное состояние сердца и крупных сосудов и вегетативную регуляцию кровообращения у больных гипертонической болезнью // Артериальная гипертензия. 2003. –Т. 9. – №1. – 57 с.
27. «Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use //Circulation.– 1996.– Vol.93.– P.1043–1065
28. Akselrod, S., Gordon D, Madwed J.B. et al. Power spectrum analysis of heart rate fluctuations: a quantitative probe of –beat-to-beat cardiovascular control // Sci. – 1981. – Vol. 213. P. 220–222.
29. Bealer S.L. Anteroventral third ventricle periventricular tissue contributes to cardiac baroreflex responses // Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. – 2000. – Vol. 27, N 5/6. – P. 460–464.
30. Borne P. New evidence of baroreflex dysfunction in congenital central hypoventilation syndrome. Clin Sci (Lond). 2005 Mar; 108(3): 225–30.
31. Borst C., Karemaker J.M. Time delays in the human baroreceptor reflex // J. Auton. Nerv. Syst. – 1983. – Vol. 9, N 2/3. – P. 399 – 409.
32. De Boer R.W., Karemaker J.M., Strackee J. Hemodynamic fluctuations and baroreflex sensitivity in humans: a beat-to-beat model // Am.J.Physiol. – 1987. – Vol. 253. – P. H680–H689.
33. Fritsch J.M., Smith M.L., Simmons D.T. Differential baroreflex modulation vagal and sympathetic activity. Am.J.Physiol. 260 (Regulatory Integrative Comp. Physiol.29): 1991. v.R635–641,
34. Furlan R., Jacob G., Palazzolo L., Rimoldi A., et al. Sequential Modulation of Cardiac Autonomic Control Induced by Cardiopulmonary and Arterial Baroreflex Mechanisms. Circulation, December 11, 2001; 104(24): 2932 – 2937.
35. Gerritsen J., Ten Voorde, B.J. Dekker, J.M. Baroreflex sensitivity in the elderly: influence of age, breathing and spectral methods, Clinical Science (2000) 99 371–381.
36. Gribbin B., Pickering T.G., Sleight P., and R. Pete // Effect of age and high blood pressure on baroreflex sensitivity in man // Circ. Res. –1971. – 29. P.424– 431.
37. Hojgaard, M.V. Dynamics of spectral components of HRV during changes in autonomic balance /M.V. Hojgard, N.–H. Holstein-Rathlou, E. Anger, J.K. Kanters // Am.J.Physiol.– 1998.– Vol.275.– №1.–Part2.–P.: H213–H219.
38. Karamaker, J. Autonomic control on the circulation: its frequency dependency and the consequences for measures like LF/HF in HRV analysis /J. Karamaker,

M. John //Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий: Тезисы докл.междунар.симпозиума.– М., 1999.– С.17.

39. Lanfranchi P.A. and Somers V.K. Arterial baroreflex function and cardiovascular variability: interactions and implications. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol*, October 1, 2002; 283(4): R815 – R826.

40. Laude D., Elghozi J.-L., Girard A., E. et al. Comparison of various techniques used to estimate spontaneous baroreflex sensitivity (the EuroBaVar study). *Am J Physiol*, January 1, 2004; 286(1): R226 – R231.

41. Ori, Z. Heart rate variability frequency domain analysis /Z. Ori, G. Monir, J. Weiss, X. Sayhouni, D.H. Singer //Amb. Electrocardio.– 1992.– 10(3).– P.499–537.

42. Parati G., Di Rienzo M., Mancia G. How to measure baroreflex sensitivity: from the cardiovascular laboratory to daily life.– *J Hypertens* 2000 Jan;18(1):7–19

43. Porta A., Baselli G., Rimoldi O., Malliani A., and Pagani M. Assessing baroreflex gain from spontaneous variability in conscious dogs: role of causality and respiration. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 279: H2558–H2567, Nov.2000

44. Robbe H., Mulder L., Ruddle H., Langewitz W.A., Veldman J.B., and Mulder G. Assessment of baroreceptor reflex sensitivity by means of spectral analysis. *Hypertension* 1987, v.10: 538–543

45. Smyth M.S., Sleight P. and Pickering G.W. (1969) Reflex regulation of arterial pressure during sleep in man. A quantitative method of assessing baroreflex sensitivity. *Circulation* 24, 109–121.

46. Tank J., Baevski R., Fender A. Reference Values of Indices of Spontaneous Baroreceptor Reflex Sensitivity//*Am J Hypertens* 2000; 13:268–275