

## ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ДЕТЕЙ 5 ЛЕТ

С.Б. Догаджина<sup>1</sup>

Институт возрастной физиологии РАО, Москва

*Проведено исследование variability сердечного ритма и адаптационных резервов у детей 5 лет. Показано, что среди обследованных преобладают дети с парасимпатическим типом автономной нервной регуляции СР (55% детей). На основании реакции сердечного ритма на активную ортостатическую пробу и характера спектра мощности ВРС были оценены адаптационные резервы (АР) организма (Михайлов 2006). Выделено 3 группы детей: с плохими, удовлетворительными и хорошими АР (48%, 33% и 19% соотв.). У детей с плохими АР отмечены более высокие значения показателей мощности очень низкочастотных и низкочастотных колебаний в сравнении с детьми с удовлетворительными и хорошими АР. Т. обр., состояние симпато-парасимпатического баланса во многом определяет функциональное состояние и адаптационные возможности детей младшего школьного возраста.*

**Ключевые слова:** детский возраст, адаптация, автономная нервная система, variability сердечного ритма, ортостаз.

*Heart rate (HR) variability and adaptation reserves were studied in 5-year-old children. Children with parasympathetic type of HR autonomic nervous regulation prevailed (55%) in the investigated group. Adaptation reserves (AR) of children were assessed based on HR reaction to an active orthostatic test and power spectrum of HR variability. Three groups of children were studied: with low, medium and high AR (48 %, 33 % and 19 %, respectively.). Children with low AR have a higher power of extremely low-frequency and low-frequency fluctuations compared to children with medium and high AR. Thus, the state of sympatho-parasympathetic balance in many respects determines the functional state and AR of 5-year-old children.*

**Key words:** children, adaptation, autonomic nervous system, heart rate variability, orthostatic test.

Оценка адаптационных возможностей организма все в большей мере рассматривается как один из важных критериев здоровья. Онтогенетические закономерности развития приспособительных возможностей в детском возрасте изучены недостаточно, отсутствие единого методологического подхода привело к разрозненности данных, распространению мнения о том, что защитно-приспособительные реакции у детей несовершенны и неполноценны [1 и др.]. В то же время имеются работы, подтверждающие достаточно высокий уровень развития механизмов адаптации даже у новорожденных [4].

---

Контакты: <sup>1</sup> С.Б.Догаджина, ст.научн.сотр., E-mail:almanac@mail.ru

Для оценки адаптации организма к изменяющимся условиям среды используется анализ variability сердечного ритма, позволяющий количественно охарактеризовать активность различных отделов автономной нервной системы через их влияние на функцию синусового узла. Исследования автономной регуляции сердечного ритма подтверждают, что колебания статистических характеристик variability сердечного ритма раньше, чем другие функциональные показатели сигнализируют о чрезмерности нагрузки, так нервная и гуморальная регуляция кровообращения изменяются раньше, чем выявляются энергетические, метаболические и гемодинамические нарушения [12].

Анализ автономных регуляторных влияний на ритм сердца у детей, позволяет не только охарактеризовать состояние механизмов, регулирующих деятельность сердца, но и оценить степень созревания этих механизмов [13; 17].

Особое внимание, среди множества типологических особенностей человека, при характеристике работы сердца и адаптационных возможностей организма, исследователи уделяют типу автономной нервной регуляции. При определении состояния автономной нервной регуляции человека обычно говорят о преобладании симпатических или парасимпатических нервных влияний. Причем, большинство исследователей полагают, что тип вегетативной нервной регуляции организма стойко сохраняется с возрастом [6; 13; 18; 20]. Одни исследователи указывают на то, что при парасимпатическом типе регуляции достигается наиболее экономное функционирование сердечно-сосудистой системы, а дети с преобладанием активности ПНС опережают сверстников по степени зрелости регуляторных систем [5; 8; 15; 16; 17; 18;]. 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 [17; 14; 7].

В задачи нашего исследования входило проведение оценки функционального состояния автономной нервной системы методами спектрального анализа variability сердечного ритма у детей 5 лет

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Обследовано 40 детей 5 лет, относящихся к I–II группам здоровья.

Проводился спектральный анализ variability ритма сердца. Для оценки баланса между симпатической и парасимпатической системами использовали отношение мощностей низкочастотного и высокочастотного диапазонов спектра (коэффициент LF/HF) [19].

Определяли 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 (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 (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 (0.003–0.04), обусловленные по-видимому надсегментарными отделами автономной нервной системы, гормональными влияниями. 5. Мощность в диапазоне высоких частот, выраженная в нормализованных единицах:  $HF_{nu} = HF / (TP - VLF) * 100$ .

6. Мощность в диапазоне низких частот, выраженная в нормализованных единицах:

$$LF_{nu} = LF / (TP - VLF) * 100$$

7.  $LF/HF$  – характеризует соотношение (баланс) симпатических и парасимпатических влияний.

В качестве функциональной пробы в исследовании применяли активную ортостатическую пробу.

После предварительного инструктажа испытуемый проводит 5 мин в горизонтальном положении, затем по команде ребенок не очень быстро, но без задержек принимает вертикальное положение и стоит спокойно по стойке «смирно», однако без напряжения в течение 5 минут. В горизонтальном и вертикальном положении регистрируется ритмограмма в течение 5 мин. Кроме показателей спектрального анализа вариабельности ритма сердца определялись коэффициент  $K30:15$  и показатель «Адаптационные резервы» (АР) [12].

Адаптационные резервы организма оценивали по следующей шкале:

- Хорошие 12 – 6
- Удовлетворительные 6 – 0
- Снижены 0 – (-6)
- Значительно снижены (-6) – (-12)

Все результаты были подвергнуты статистической обработке с помощью пакета программ «Статистика 6». Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента и непараметрическому критерию Вилкоксона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа волновой и спектральной структуры ВРС в покое у детей 5 лет представлены в табл.1.

Таблица 1

*Показатели спектрального анализа вариабельности  
сердечного ритма у детей 5 лет ( $M \pm m$ )*

TP, мс <sup>2</sup>	VLF, мс <sup>2</sup>	LF, мс <sup>2</sup>	HF, мс <sup>2</sup>	LF n, п.у.	HF n, п.у.	LF/ HF	%VLF	%LF	%HF
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, ±3,0

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

Спектральный анализ ВРС показал, что частотный спектр variability ритма сердца у всех обследованных школьников характеризуется хорошо выраженными волнами высокой, низкой и очень низкой частот (табл.1).

Выявлены достоверные возрастные различия показателей общей мощности спектра (ТР, мс<sup>2</sup>) и мощности высокочастотного компонента спектра ВРС, вычисленных в абсолютных единицах (HF, мс<sup>2</sup>). У детей 5 лет отмечено высокие значения общей мощности спектра (ТР), мощности высокочастотного компонента в спектре ВРС и низкие значения мощности очень низкочастотного и низкочастотного компонентов спектра ВРС в абсолютных единицах. Отмечены достоверно более низкие значения показателей высокочастотного компонента и высокие значения низкочастотного компонента в % спектра ВРС в сравнении с детьми 4 лет [5], что свидетельствует о преобладании парасимпатических влияний на сердечный ритм у детей 5 лет.

Среди обследованных преобладают дети с парасимпатическим типом автономной нервной регуляции СР (55% детей), у 37% детей – сбалансированный тип регуляции СР и лишь у 8% детей отмечено усиление симпатической активности в автономной регуляции СР.

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.

Оценка изменений спектральных характеристик сердечного ритма (табл. 2) выявила достоверное снижение общей мощности плотности спектра у детей 5 лет.

Абсолютная и относительная мощность высокочастотного компонента спектра сердечного ритма (HF), характеризующего состояние парасимпатического звена вегетативной регуляции, при ортопробе достоверно снижалась (на 36%) (табл. 2). Абсолютная мощность сверхнизкочастотных составляющих спектра сердечного ритма (VLF) и мощность низкочастотной составляющей спектра сердечного ритма (LF), которая связана с активностью подкоркового вазомоторного центра, достоверно не изменяются у детей 5 лет. Отношение абсолютных значений LF и HF при ортопробе достоверно повышалась. Отмечено достоверное изменение симпатопарасимпатического баланса в сторону снижения сверхнизкочастотного и увеличения высокочастотного компонентов (табл. 2). Отношение минимального значения RR интервала (15 уд.) к самому длинному интервалу – коэф. 30:15 (K<sub>30:15</sub>), характеризующий реактивность парасимпатического отдела АНС и не зависящий от скорости вставания, не отличается от такового у детей 7 лет.

На основании реакции сердечного ритма на активную ортостатическую пробу и характера спектра мощности ВРС были рассчитаны показатели функционального состояния, адаптационных резервов и физиологического состояния [12].

Таблица 2

*Изменение показателей спектрального анализа ВРС при активной ортостатической пробе у детей 5 лет ( $M \pm m$ )*

Состояние	TP	VLF	LF	HF	LFn	HFn	LF/HF	%VLF	%LF	%HF
Покой	8239,2 ±3743,3	1162,6 ±461,5	2416 ±1269,0	4659,7 ±1073,7	27,9 ±2,8	72,0 ±2,8	0,454 ±0,067	15,1 ±2,4	22,2 ±2,0	62, ±4,0
Оргостаз	5826,14 ±2010,29	1199,63 ±386,77	1682,28 ±562,41	2944,25* ±621,48	36,70 ±4,20	63,29 ±4,20	0,801* ±0,135	18,30 ±2,8	27,79 ±2,98	53,8* ±2,6

В работе, с использованием метода Михайлова [12], были выделены дети с плохими, удовлетворительными и хорошими адаптационными резервами (табл. 3). Дети с плохими АР имели достоверно более высокие показатели мощности очень низкочастотных и низкочастотных колебаний сердечного ритма в сравнении с детьми с хорошими АР.

Таблица 3

*Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у учащихся 5с разным уровнем АР*

АР	TP	VLF	LF	HF	LFn	HFn	LF/HF	%VLF	%LF	%HF
Плохие	8570,0 ±7364,9	1371,3 ±961,6	3086,7 ±259,94	4111,8 ±3821,7	21,23 ±4,27	78,77 ±4,28	0,32 ±0,09	10,09 ±3,51	17,41 ±2,88	72,48 ±6,11
Хорошие	10165,4* ±438,0	887,8* ±143,9	2356,0 ±188,9	6921,8* ±915,1	27,12* ±1,9	72,88 ±1,9*	0,40 ±0,03	18,45 ±2,1*	20,99 ±1,6*	60,58 ±2,7*

Дети с плохими АР характеризуются достоверно более низкой общей мощностью спектра за счет более низкой мощности всех высокочастотного компонента (HF). Структура симпатико-парасимпатического воздействия на сердечный ритм значительно отличается от таковой у детей с хорошими АР и характеризуется большим вкладом в регуляцию СР центральных эрготропных (VLF) и симпатических (LF) влияний.

Наиболее высокими адаптационными возможностями обладают дети с парасимпатическим типом автономной нервной регуляции, у них же отмечены наиболее высокие показатели функционального состояния. У детей с преобладанием

симпатической активности в регуляции СР выявлены достоверно более низкие показатели функционального состояния и адаптационных резервов в сравнении с парасимпатотониками.

Таким образом, на основании реакции сердечного ритма на активную ортостатическую пробу и характера спектра мощности ВРС были оценены адаптационные резервы (АР) организма [12]. Выделено 3 группы детей: с плохими, удовлетворительными и хорошими АР (48%, 33% и 19% соотв.). У детей с плохими АР отмечены более высокие значения показателей мощности очень низкочастотных и низкочастотных колебаний в сравнении с детьми с удовлетворительными и хорошими АР.

Таким образом, исследование variability сердечного ритма детей 5 лет в состоянии относительного покоя показало, что значения спектральных и временных показателей ВРС соответствуют таковым, приводимым в работах последних лет [2;12; 5; 10] и указанным в международных стандартах [19]. 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 симпатопарасимпатического регуляторного влияния над гуморально-метаболическим и центральными эрготропными регуляторными стимулами [12].

У большинства 5-летних детей отмечено хорошее состояние автономной нервной регуляции сердечного ритма. Преобладание HF-компонента в структуре ВРС учащихся согласуется с представлением об адаптационно-трофическом защитном действии блуждающих нервов на сердце и является показателем индивидуальной устойчивости здорового организма к стрессирующим факторам [3; 12 и др.]. По данным ряда авторов [9; 11] данный возраст характеризуется усилением влияния парасимпатического отдела АНС и снижением активности центрального контура регуляции. Среди обследованных детей 55% составляют дети с преобладанием парасимпатической активности в регуляции сердечного ритма.

Проведение активной ортостатической пробы вызвало существенные изменения временных и спектральных показателей ВРС у детей 5 лет. У всех детей в ответ на ортостатическую пробу значительно снижается мощность высокочастотных колебаний в абсолютных и нормализованных единицах, что также свидетельствует о снижении вагусного контроля сердечного ритма. Относительный рост LF у детей с сбалансированным и парасимпатическим типом автономной нервной регуляции сердечного ритма указывает на активное включение вазомоторного центра в процесс регуляции сосудистого тонуса. У детей с преобладанием симпатических влияний на ритм сердца выявлена неадекватная реакция на ортостатическую пробу, со значительным снижением всех составляющих спектра, что указывает на сниженные адаптационные возможности у детей данной группы. Указанный характер изменений автономной нервной регуляции при проведении активной ортостатической пробы связан с несовершенством автономной нервной регуляции сердечного ритма у детей 5 лет. Дети с преобладанием симпатических нервных влияний на ритм сердца характеризуются сниженными адаптационными возможностями организма.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлены возрастные различия в структуре вариабельности сердечного ритма, характеризующиеся смещением вегетативного баланса в управлении сердечным ритмом в сторону преобладания парасимпатических нервных влияний у детей 5 лет.

2. На основании результатов ортостатического воздействия с анализом переходного периода и волновой структуры вариабельности сердечного ритма выявлены дети с плохими, удовлетворительными и хорошими адаптационными резервами. Дети с плохими адаптационными резервами характеризовались высокими значениями мощности низких и сверхнизких колебаний сердечного ритма.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аболенская А.В., Самохвалова В.П., Разживихина Г.Н. и др. Способ оценки адаптационных возможностей детского организма // Вопр. Охр. Мат. И детства.— 1989.— № 6.— С.50—54

2. Атаманов В.В. Возрастная динамика показателей вариабельности сердечного ритма у здоровых мальчиков и девочек /В.В. Атаманов, С.М. Чечельницкая, О.Ю. Чиркова //Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий: Тезисы докл. междунар. симпозиума.— Москва,1999.— С.144—145.

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

4. Гавриков Л.К. Типологические особенности онтогенетического развития сердечной деятельности плода и новорожденного // Автореф. докт. Мед. наук., 1993.—36с.

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

6. Глазачев, О.С. Закономерности мультипараметрического взаимодействия функциональных систем у детей в радиоэкологически неблагоприятной среде: Дисс....докт.мед.наук /О.С. Глазачев.— М.,1997.— 284 с.

7. 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.

8. Гуштурова И.В. Особенности центральной и периферической гемодинамики в покое и при физической нагрузке у детей дошкольного возраста.—Автореф. Канд. дис.—Казань, 1996

9. 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.

10. Казин, Э.М. Комплексное лонгитудинальное исследование особенностей физического и психофизиологического развития учащихся на этапах детского, подросткового и юношеского периодов онтогенеза /Э.М. Казин, Н.Г. Блинова,

Т.В. Душенина, А.Р. Галеев // Физиология человека.— 2003.— Т.29.— № 1.— С.70—76.

11. 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 // кн.: Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение. — Ижевск, 1996. — С.89.

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

13. Осадшая, Л.Б. Системные механизмы оптимизации и адаптации кардиогемодинамики человека: Автореф. дис....докт.мед.наук /Л.Б. Осадшая.— Москва, 1997.— 39 с.

14. Осколкова, М.К. Функциональные методы исследования системы кровообращения у детей /М.К. Осколкова.— М.: Медицина, 1988.— 272 с.

15. Пыхтина, Л.А. Состояние здоровья и приспособительные реакции подростков 15—16 лет с учетом успешности обучения: Автореф. дис.... канд.мед.наук / Л.А. Пыхтина.— Иваново, 1999.— 20 с.

16. Сапожникова, Е.Н. Ритм сердца у школьников 7—12 лет в покое и при ортоклиностагическом тестировании: Ареф. дис....канд.биол.наук /Е.Н. Сапожникова.— Казань, 2003.— 23 с.

17. Степанова, О.В. Особенности реакций сердечно-сосудистой системы на тестовые нагрузки у детей дошкольного возраста: Ареф. дисс....канд.мед.наук / О.В. Степанова .— Москва, 1986.— 20 с.

18. Шлык Н.И., Красноперова Т.В., Сапожникова Е.Н. и др. Особенности вегетативной регуляции у школьников при умственной и физической нагрузке (по данным математического анализа сердечного ритма)// Программи. обуч. и компьютериз. В учеб.-тренировочном процессе.— Удм. Гос. ун-т.—Ижевск, 1996.— 1996.—С.84—97

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

20. Sherwood, A.S. Conceptual and methodological overview of cardiovascular reactivity research /A.S. Sherwood, S.R. Turner //Individual differences in cardiovascular response to stress /Edited by S.R Turner.— N-Y: Plenum Press., 1992.— P.5—27.