

## ФИЗИОЛОГИЯ ТРУДА

УДК 612.172.2-053.6

### **СОСТОЯНИЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЗДОРОВЫХ ПОДРОСТКОВ**

**И.И. Макарова, И.В. Стручкова, С.М. Кушнир,  
А.А. Бекетов, Л.К. Антонова**

Тверская государственная медицинская академия

Представлены сведения об особенностях вариабельности сердечного ритма у здоровых подростков 13–15 лет. Приведены результаты исследования показателей вариабельности сердечного ритма в группах с различными симпатико-парасимпатическими соотношениями, проведен анализ ритмограмм и вариантов распределения гистограмм. Выявлена неоднородность групп здоровых подростков, связанная с физиологически широким диапазоном параметров вегетативного баланса.

*Ключевые слова:* здоровые подростки, вариабельность сердечного ритма.

**Введение.** В последние годы исследованию вариабельности сердечного ритма (ВСР) уделяется особое место, приоритетность которого определяется возможностью объективизировать оценку функционального резерва адаптации организма ребенка. Данные анализа ВСР стали широко применяться как индикатор вегетативно-регуляторных процессов, отражающих напряженность приспособительно-компенсаторных механизмов адаптации. [1; 2; 5–7; 10–11; 14]. Диапазон адаптивного потенциала, мобильность регуляторных механизмов имеют четко выраженную половую, возрастную, индивидуально-генетическую зависимость [13], поэтому значимым является анализ механизмов осуществления адаптации в каждом возрастном периоде в отдельности. Однако, несмотря на многочисленные исследования, все еще отсутствуют четкие представления о возрастных и половых нормах показателей вегетативной нервной системы, в частности на фоне пубертатных изменений [12].

На сегодняшний день результаты исследований отражают общую тенденцию повышения с возрастом экономичности психофизиологических реакций и биологической надежности функциональных систем у детей и подростков. В этой связи, представляется актуальным изучение особенностей вегетативной регуляции в подростковом возрасте – периоде перехода ко взрослому

состоянию, когда становление регуляторных функций в значительной степени определяют состояние здоровья человека в дальнейшем, его функциональные возможности, успешность социальной адаптации и интеграции в общество [3; 4]. Цель исследования – выявить особенности variability сердечного ритма у здоровых подростков 13–15 лет.

**Материал и методика.** Обследовано 70 детей (26 мальчиков и 44 девочки) в возрасте 13–15 лет. Здоровые подростки отбирались по данным ежегодного профилактического осмотра. Variability сердечного ритма определялась по общепринятой методике с помощью прибора вегетотестера «Полиспектр-8Е/88» (2000 Гц, 12 бит) («Нейрософт», Иваново, Россия). Исследование проводилось в стандартных условиях в первой половине дня (с 9 до 13 часов) в положении ребенка лежа. Для определения вегетативной реактивности применяли активную ортостатическую пробу. Продолжительность записи составляла 5 мин (500 кардиоциклов) с мониторингом 50 мм/с, 10 мм/мВ; с антитреморной фильтрацией низкой частоты 35 Гц, стандартной – высокой частоты 50 Гц и режекторной фильтрацией – 0,05 Гц. Анализ variability ритма сердца осуществлялся по линейной ритмограмме, столбчатой гистограмме; система анализа спектра – основная. Экстрасистолы из анализа исключались.

Интерпретации подлежали спектральные и временные показатели, достоверность которых была доказана статистическим анализом. Исследовался параметр ритмограммы CV, % (коэффициент variability интервала R-R). Оценивался класс ритмограмм по Д.И. Жемайтите [8]. Из показателей гистограммы оценивался индекс святого Георга (HRV.ti, усл.ед., триангулярный индекс) и определялись типы вариационных гистограмм. Спектрограмма в исследовании представлена общей мощностью спектра (TP,  $\text{мс}^2$ ) и тремя ее составляющими: низкими частотами – LF,  $\text{мс}^2$  (часть спектра в диапазоне 0,04–0,15 Гц); высокочастотными колебаниями HF,  $\text{мс}^2$  (часть спектра в диапазоне 0,15–0,4 Гц); очень низкими частотами – VLF,  $\text{мс}^2$  (диапазон 0,003–0,04 Гц). Определялись стандартные показатели кардиоинтервалограммы: амплитуда моды (AMo, %), мода (Mo, с), показатель вариационного размаха ( $\Delta X$ , с) и индекс напряжения (ИН, усл.ед.). Нормальный уровень параметров кардиоинтервалограммы согласован с данными Е.А. Соболевой [15].

Согласно проведенной статистической оценке, все показатели не имели значимых различий в зависимости от пола ребенка, что позволило в дальнейшем не учитывать половую принадлежность. Проверка выборки на вид распределения всех вышеперечисленных показателей выявила, что основная их часть не имеет нормального распределения. Для проведения статистических исследований

использовался непараметрический метод – критерий  $\chi^2$ . Статистическая обработка результатов исследования проведена с использованием пакета программ Microsoft Excel 2003.

**Результаты и обсуждение.** Исследование ВСР позволило выделить 3 группы подростков в зависимости от симпатопарасимпатического (СТ-ПСТ) взаимодействия в структуре вегетативного баланса автономного контура вегетативной регуляции. В основу выявленной неоднородности обследуемых была положена интерпретация показателей кардиоинтервалограммы – симпатической (АМо) и парасимпатической ( $\Delta X$ ) активности.

1-ю группу составили подростки с повышенной СТ-ПСТ активностью; 2-ю – с низкой СТ-ПСТ активностью; в 3-ю группу вошли подростки с разнонаправленным СТ-ПСТ взаимодействием: высокой симпатической (СТ) и низкой парасимпатической (ПСТ) активностью (таблица).

Т а б л и ц а

Показатели вариабельности ритма сердца у здоровых подростков  
в зависимости от СТ-ПСТ взаимодействия ( $M \pm m$ )

Показатель	1-я группа (n=23)	2-я группа (n=21)	3-я группа (n=26)
CV,%	10,29±0,43	6,25±0,39*	5,06±0,35**
HRV.ti, усл.ед.	11,46±0,56	8,51±0,51*	6,52±0,32**
TP, мс <sup>2</sup>	6864±615	2255±342*	1416±187**
LF, мс <sup>2</sup>	1879±157	922±217*	466±66,6**
HF, мс <sup>2</sup>	3940±516	735±136*	520±88,9**
VLF, мс <sup>2</sup>	1044±142	597±109*	429±80,3**

*Примечание.* Статистически значимые различия: \* – показателей 2-й группы к данным 1-й ( $p < 0,001$ ); \*\* – показателей 3-й группы к данным 1-й ( $p < 0,001$ )

У детей 1-й группы имели место максимальные значения всех временных и спектральных показателей ритма, статистически значимо различающихся с показателями 2-й и 3-й групп ( $p < 0,001$ ). Так, коэффициент вариабельности у подростков с высокой СТ-ПСТ активностью составил 10,29±0,43%. Триангулярный индекс у детей этой группы был равен 11,46±0,56 усл. ед. По данным спектрограммы, при общей мощности спектра 6864±615 мс<sup>2</sup>, ее составляющие имели следующие значения: LF – 1879±157 мс<sup>2</sup>, HF – 3940±516 мс<sup>2</sup> и VLF – 1044±142 мс<sup>2</sup>.

В группе подростков со сниженной СТ-ПСТ активностью (2 группа) показатели CV и HRV.ti были ниже, чем у детей 1-й группы на 39,3 и 25,7% соответственно. Значения показателей спектрограммы снижены на 50,9% (LF), на 81,4% (HF) и на 42,8% (VLF) к данным 1-й группы. При этом значение общей мощности спектра оказалось меньше на 67,2% к показателю TP у детей с высокой СТ-ПСТ активностью. Снижение временных и

спектральных показателей у подростков 2-й группы связано с доминированием симпатических влияний в вегетативном балансе.

На основании полученных данных было так же установлено, что наиболее низкими значениями отличались показатели variability сердечного ритма подростков 3-й группы. Так интегральные показатели BCP – CV и HRV.ti, в сравнении с их значениями в 1-й группе, были снижены на 50,8 и 43,1% соответственно. Столь же низкими оказались в этой группе детей и показатели общей мощности спектра и её спектральных низко- и высокочастотных компонентов: TP снижен на 79,4%, LF – на 75,2%; HF – на 86,8% в сравнении с данными, полученными в 1-й группе обследованных подростков. Важно отметить, что у детей 3-й группы, в том числе, отмечались наиболее низкие значения показателя гуморального обеспечения вегетативной регуляции VLF: он был меньше, по сравнению с 1-й группой, на 58,9%.

Анализ частотных характеристик с высокой степенью наглядности позволил подтвердить выявленную закономерность: максимально высокую BCP у детей 1-й группы с высокой СТ-ПСТ активностью, и предельно низкую BCP у обследованных 3-й группы с максимальной СТ активностью за счет сниженного ПСТ тонуса. У детей 2-ой группы были установлены средние значения изучаемых показателей BCP. Проведенный анализ ритмо- и гистограмм также позволил выявить ряд особенностей, характерных для здоровых подростков. Оказалось, что ритмограммы всех обследованных детей принадлежали к 1-му и 2-му классам по Д.И. Жемайтите, т. е. вариантам нормы. Однако были обнаружены и некоторые особенности ритмограмм в зависимости от направленности вегетативного баланса. Так, ритмограммы 1-го класса, отражающие предельно высокое вагусное влияние, были свойственны всем детям 1-й группы с однонаправленной высокой активностью обоих отделов вегетативной нервной системы. Среди детей 2-й группы с однонаправленной низкой активностью СТ и ПСТ отделов 1-й класс ритмограмм встречался только у 28,6%, а среди подростков 3-й группы с разнонаправленной активностью двух отделов вегетативной нервной системы – у 19,2%. Ритмограммы 2-го класса, отражающие сбалансированное участие симпатических и парасимпатических влияний в процессе вегетативной регуляции, регистрировались у 71,4 и 80,8% детей 2-й и 3-й групп соответственно.

При изучении гистограмм выявлено, что у подавляющего большинства детей 1-й и 2-й групп лидирующим типом распределения кардиоциклов был не ожидаемый вариант нормы, а амодальный и полимодальный варианты распределения, трактуемые у взрослых как патологические. Они составили 86,3% в 1-й группе, 76,2% во 2-й группе и 69,2% в 3-й группе. Обсуждая особенности variability ритма сердца у здоровых подростков, необходимо отметить, что амодальное и

полимодальное распределение кардиоциклов следует признать нормальным, ибо, особенно в период пубертата, все функциональные параметры приобретают свойства нестабильности, лежащей в основе процессов самосохранения биосистемы за счет саморегуляции.

Наибольшая адаптированность отмечалась у детей с высокой эрготропной активностью. К ним относятся дети 2-й и 3-й групп с ритмограммой 2-го класса. Тем не менее, достаточный диапазон параметров эрго- и трофотропных влияний свойственен и большинству подростков 1-й группы с учетом вагусного доминирования дыхательного происхождения, несмотря на более торпидный. Судя по гистографическому распределению кардиоциклов, вагусной направленности, 1-й класс ритмограмм с широким диапазоном, можно сказать, что дети всех 3 групп адаптированы в данных условиях.

Полученные данные подтверждались и результатами кардиоинтервалографии, показателями "индекса напряжения", отражающего основную направленность центрального стимулирования. У детей 1-ой группы с широким диапазоном ВСР он был близок к парасимпатическому [2] и составил  $42,6 \pm 2,3$  усл. ед. В то же время, у подростков 3-ой группы ИН ассоциировался с максимально низким значением ВСР и соответствовал  $143,3 \pm 7,3$  усл. ед. ИН у обследованных 2-ой группы имел промежуточное значение.

Оценка исходного вегетативного тонуса (по данным ИН) позволила высказать мысль о «физиологичности» столь выраженного диапазона ВСР у детей 3-х обследованных групп, подтвержденную данными гисто- и ритмографии. Так, у 52 (74,3%) подростков ИВТ носил характер эйтонии, у 13 подростков (18,6%) – симпатикотонии и только у 5 детей (7,1%) – ваготонии. Результатами вегетативной реактивности было показано, что нормальная реактивность была свойственна большинству обследованных детей – 79,7%, гиперсимпатикотоническая отмечена у 12,5% и встречалась в основном в 1-й группе, в то время как асимпатикотония выявлена только у подростков 3-й группы в 7,8%.

**Выводы** 1. Вариабельность сердечного ритма позволяет верифицировать разнородность группы здоровых подростков в зависимости от направленности симпато-парасимпатического взаимодействия.

2. Она ассоциируется с высокой однонаправленной симпатико-парасимпатической активностью, минимальные значения ВСР обусловлены разнонаправленностью СТ-ПСТ активности.

3. Широкий диапазон вариабельности сердечного ритма является одной из особенностей адаптационно-регуляторного механизма саморегуляции, обеспечивающего самосохранение организма подростка, как биосистемы, в условиях морфофункциональной перестройки периода полового созревания.

### Список литературы

1. *Бабунц И.В., Мириджанян Э.М., Машаех Ю.А.* Азбука анализа variability сердечного ритма. Ставрополь, 2002. 112 с.
2. *Баевский Р.М., Иванов Г.Г.* Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001. №3. С. 108–127.
3. *Баранов А.А., Кучма В.Р., Сухарева Л.М.* Медицинские и социальные аспекты адаптации современных подростков к условиям воспитания, обучения и трудовой деятельности. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 325 с.
4. *Баранов А.А., Щеплягина Л.* Физиология роста и развития детей и подростков: в 2 т. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. Т. 2. 432 с.
5. *Белякова Н.А., Жухоров Л.С.* Основы электрокардиографии. Тверь: Губернская медицина, 2001. 160 с.
6. *Березный Е.А., Рубин А.М.* Практическая кардиоритмография. СПб.: НПО «Нео», 1999. 144 с.
7. *Васенко Ю.Ю., Геппе Н.А., Глазачев О.С.* Спектральный анализ variability ритма сердца в оценке состояния вегетативной нервной системы у здоровых детей // Рос. педиатрический журн. 1999. № 3. С. 23–27.
8. *Жемайтите Д.И.* Зависимость характеристик сердечного ритма и кровотока от возраста у здоровых и больных с заболеваниями сердечно-сосудистой системы // Физиология человека. 1998. Т. 24, № 6. С. 56–65.
9. *Котельников С.А.* Variability ритма сердца: представление о механизмах // Физиология человека. 2002. Т. 28, № 1. С. 130–143.
10. *Макаров Л.М.* Особенности использования variability ритма сердца у больных с болезнями сердца // Физиология человека. 2003. Т. 29, № 3. С. 65–68.
11. *Михайлов В.М.* Variability ритма сердца: опыт практического применения метода. Иваново, 2002. 288 с.
12. *Панкова Т.Б., Бородулина Т.Б.* Динамика состояния вегетативной нервной системы у школьников старшего возраста по данным КИГ // Рос. педиатрический журн. 2002. № 3. С. 16–21.
13. *Ситдииков Ф.Г., Шайхелисламова Ф.Г., Валеев И.Р.* Влияние учебной нагрузки и условий производства на функциональное состояние симпато-адреналовой системы и показатели регуляции сердечного ритма у девушек 17-18 летнего возраста // Физиология человека. 2001. Т. 27, № 5. С. 60–67.
14. *Хаятин В.М.* Колебания частоты сердцебиений. Спектральный анализ // Вестн. аритмологии. 2002. № 26. С. 10–27.

15. *Шнак Л.В.* Кардиоинтервалография и ее клиническое значение  
Тверь: Фактор, 2002. 232 с.

## STATE OF HEART RATE VARIABILITY IN HEALTHY ADOLESCENTS

**I.I. Macarova, I.V. Struchcova, S.M. Kushnir,  
A.A. Beketova, L.K. Antonova**

Tver State Medical Academy

The paper presents information on the specific features of heart rate variability in healthy adolescents aged 13–15 years. It gives the results of a study of the indices in groups with different sympathico-parasympathicotonic ratios and analyzes rhythmograms and histogram distribution variants. Heterogeneity of healthy adolescents' groups connected with physiologically wide range of vegetative balance parameters was discovered.

**Keywords:** *healthy adolescent, heart rate variability.*

*Об авторах:*

МАКАРОВА Ирина Илларионовна—доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой теории и практики сестринского дела с курсом клинической физиологии и функциональной диагностики, ГБОУ ВПО «Тверская ГМА Минздравсоцразвития России», 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4, e-mail: iim777@yandex.ru

СТРУЧКОВА Ирина Васильевна—старший лаборант кафедры педиатрии и неонатологии ФПДО, ГБОУ ВПО «Тверская ГМА Минздравсоцразвития России», 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4, e-mail: struchkova.iv@yandex.ru

КУШНИР Семен Михайлович—доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой педиатрии и неонатологии ФПДО, ГБОУ ВПО «Тверская ГМА Минздравсоцразвития России», 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4, e-mail: s\_kushnir@mail.ru

БЕКЕТОВА Анна Анатольевна—ассистент кафедры педиатрии и неонатологии ФПДО, ГБОУ ВПО «Тверская ГМА Минздравсоцразвития России», 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4, e-mail: a-beketova@yandex.ru

АНТОНОВА Людмила Кузьминична—доктор медицинских наук, профессор кафедры педиатрии и неонатологии ФПДО, ГБОУ ВПО «Тверская ГМА Минздравсоцразвития России», 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4, e-mail: antonova.lk@yandex.ru