

Верхневолжский медицинский журнал. 2024; 23(2): 15–17.  
Upper Volga Medical Journal. 2024; 23(2): 15–17.  
УДК 611.839-053.3:543.42

## СПЕКТРАЛЬНО-ЧАСТОТНЫЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ В ОЦЕНКЕ ВЕГЕТАТИВНОГО ГОМЕОСТАЗА У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ

**Людмила Кузьминична Антонова, Семен Михайлович Кушнир**

*Кафедра поликлинической педиатрии и неонатологии  
ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, г. Тверь, Россия*

**Аннотация.** В статье представлены волновые параметры вегетативного гомеостаза у здоровых детей первого года жизни. Исследованию подлежала частотная область variability сердечного ритма. Выявлена стабильно высокая эрготропная напряженность в управлении функциональными системами, уровень которой представляет собой фактор истощения энергетического резерва адаптационных механизмов. Показано, что спектральные характеристики регуляторных параметров являются высокоинформативными маркерами созревания регуляторных и функциональных систем организма ребенка.

**Ключевые слова:** дети первого года жизни, вегетативный гомеостаз, variability сердечного ритма

**Для цитирования:** Антонова Л. К., Кушнир С. М. Спектрально-частотные детерминанты в оценке вегетативного гомеостаза у здоровых детей первого года жизни. Верхневолжский медицинский журнал. 2024; 23(2): 15–17.

## SPECTRAL-FREQUENCY DETERMINANTS IN THE ASSESSMENT OF AUTONOMIC HOMEOSTASIS IN HEALTHY INFANTS OF THE FIRST YEAR OF LIFE

**L. K. Antonova, S. M. Kushnir**

*Tver State Medical University, Tver, Russia*

**Abstract.** The article presents wave parameters of autonomic homeostasis in healthy infants of the first year of life. The frequency range of heart rate variability was subject to study. A consistently high ergotropic tension in the control of functional systems has been revealed, the level of which is a risk factor for depletion of the energy-metabolic reserve of adaptive mechanisms. It is shown that the spectral characteristics of regulatory parameters are highly informative markers of the maturation of regulatory and functional systems of the child's body.

**Key words:** infants of the first year of life, autonomic homeostasis, heart rate variability

**For citation:** Antonova L. K., Kushnir S. M. Spectral-frequency determinants in the assessment of autonomic homeostasis in healthy infants of the first year of life. Upper Volga Medical Journal. 2024; 23(2): 15–17.

### Введение

В последние годы наблюдается повышенный интерес к изучению особенностей вегетативной регуляции функций у детей различных возрастных групп [1, 2]. В подавляющем большинстве такие работы посвящены подростковому возрасту [3–5]. Значительно меньше исследований имеют непосредственное отношение к детям первого года жизни — периоду формирования вегетативного гомеостаза (ВГС), уровень функционирования которого определяет дальнейшее формирование регуляторных систем [6, 7]. Большинство исследований, касающихся детей первого года жизни, посвящены состоянию ВГС при патологических состояниях или отклонениях в развитии ребенка [8, 9]. Однако следует констатировать

факт несоответствия информационно-аналитических изысканий требованиям сегодняшнего дня, в частности, поиску новых подходов к оценке ВГС у детей первого года жизни и их осмыслению [10, 11].

В настоящее время в педиатрии для изучения ВГС стали шире применять метод математического моделирования variability сердечного ритма (ВСР). При этом исследования, основанные на этом методе, касаются, в основном, временных показателей ВСР, в то время как именно волновые, спектральные характеристики биологических процессов отражают управляющие влияния ВГС на функциональные системы организма в виде периодических колебаний разной частоты и амплитуды [12–14].

**Цель исследования:** на основе спектральных характеристик параметров ВСР дать оценку регуляторно-адаптационной функции ВГС у здоровых детей первого года жизни и определить возможность их использования в качестве маркеров созревания регуляторных и функциональных систем организма ребенка.

**Материал и методы исследования**

Проведено безвыборочное обследование 126 здоровых детей первого года жизни в возрастных группах: 5 дней, 1 мес., 3 мес., 6 мес. и 12 месяцев жизни. Соотношение мальчиков и девочек в группах статистически значимо не различалось ( $p > 0,05$ ). Изучались параметры частотной (спектральной) области ВСР: абсолютные их значения, удельная мощность частот высокого (HF, мс<sup>2</sup>), низкого (LF, мс<sup>2</sup>) и очень низкого (VLF, мс<sup>2</sup>) диапазонов в структуре суммарной мощности всех волн спектра (TP, мс<sup>2</sup>) и уровень стрессоустойчивости с использованием пассивной ортостатической пробы (тилт-теста) по R. Kenny и соавт. (1986) с модификацией наклона 45°. В работе использовался вегетотестер «ВНС-Микро» — 2000 Гц с продолжительностью записи на коротких участках не менее 500 кардиоциклов с последующей их обработкой программой «Поли-Спектр» фирмы «Нейрософт» (Россия). Статистический анализ проводился с помощью программы «Statistica» и включал методы Манна — Уитни и Краскела — Уоллиса.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Данные исследования частотных параметров ВСР у здоровых детей первого года жизни приведены в таблице 1.

Как видно из данных таблицы 1, абсолютные значения частотных параметров суммарной мощности спектра (TP, мс<sup>2</sup>) у детей в течение всего первого года жизни отличались низкой вариабельностью, свидетельствующей о высокой доминирующей эрготропной активности в регуляторной структуре ВГС.

Для подтверждения выявленного факта целесообразно было проанализировать удельную мощность каждого из частотных диапазонов ВСР (тип спектра ВСР). Полученные результаты приведены на рисунке 1.

Показано, что максимальный вклад в общий регуляторный потенциал ВСР у детей первого года жизни приносят биопотенциалы, исходящие из очень низкого и низкого диапазонов, определяя тип спектра как

«VLF > LF > HF». Обращает внимание уровень доминирующего в спектре показателя диапазона очень низкой частоты VLF, свидетельствующий о значительных энергеметаболических, ассоциированных с высокой эрготропией, затратах на регуляторные процессы. Кроме того, уровень биопотенциалов диапазона очень низких частот, превышающий 15 %, следует расценивать как явление гиперадаптации [12].

Для оценки стрессоустойчивости была изучена структура ортостатического сдвига частотных параметров при проведении тилт-теста (рис. 2).

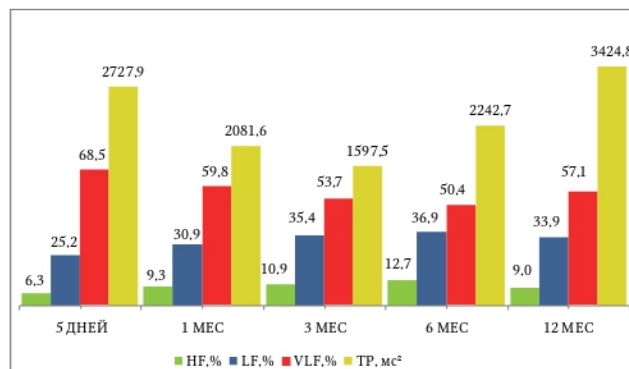


Рис. 1. Частотно-компонентная структура суммарной мощности волн спектра вариабельности сердечного ритма у детей первого года жизни

Fig. 1. Frequency-component structure of the total wave power spectrum of heart rate variability in infants of the first year of life

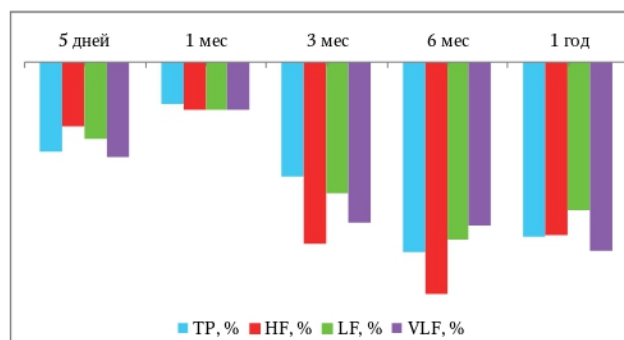


Рис. 2. Особенности частотно-компонентной структуры стресс-реакции у здоровых детей первого года жизни

Fig 2. Features of the frequency-component structure stress reactions in healthy infants of the first year of life

**Таблица 1. Показатели частотной области вариабельности сердечного ритма у здоровых детей 1-го года жизни, (M ± m)**

**Table 1. Indicators of the frequency domain of heart rate variability in healthy infants of 1 year of life, (M ± m)**

Показатель	Возраст ребенка на момент исследования				
	5 дней (n = 31)	1 мес. (n = 25)	3 мес. (n = 25)	6 мес. (n = 23)	12 мес. (n = 22)
TP, мс <sup>2</sup>	2727,9 ± 342,7	2081,6 ± 253,6	1597,5 ± 280,0	2242,7 ± 432,3	3424,8 ± 638,8
VLF, мс <sup>2</sup>	1895,8 ± 254,1	1350,6 ± 217,6	897,9 ± 169,6	1279,6 ± 3 46,1	2159,9 ± 477,8
VLF, %	68,5 ± 2,5	59,8 ± 3,9	53,7 ± 2,8	50,4 ± 3,2	57,1 ± 3,8
HF, %	6,3 ± 0,7	9,3 ± 1,6	10,9 ± 1,0	12,7 ± 1,4	9,0 ± 1,1
LF, %	25,2 ± 1,9	30,9 ± 2,8	35,4 ± 2,0	36,9 ± 2,5	33,9 ± 3,1



Анализ полученных данных позволил выявить ряд особенностей реакции на стресс: довольно инертный характер ортостатического сдвига частотных параметров у детей первого месяца жизни, выраженная высокочастотная активация (HF) у детей 3 и 6 месяцев жизни и гармоничность стресс-реакции у детей 12 месяцев.

Выявленная доминирующая централизация в управлении функциональными системами у здоровых детей 1-го года жизни, несмотря на значительную энергометаболическую затратность эрготропной природы, следует полагать физиологическим явлением, направленным на поддержание адаптационной защиты в столь ранимый период развития ребенка. Результаты проведенного исследования дают основание трактовать уровень функционирования ВГС как состояние компенсированного дистресса, понимание генеза которого важно учитывать в работе педиатров.

Выявленный в ходе исследования инертный характер реакции на стресс у детей периода новорожденности, по нашему мнению, обусловлен общими закономерностями функционального пролога созревания организма ребенка, в том числе ВГС в истоках его формирования. К этому следует добавить, что довольно наглядная высокочастотная активация в ответ на стресс у детей 3–6 месяцев, на наш взгляд, была обусловлена быстрым истощением еще незрелых адаптационных симпатoadrenalовых механизмов, что и сопровождалось компенсаторной реакцией трофотропного характера. Следует подчеркнуть сбалансированность спектральных параметров в ортостазе у детей к концу 1-го года жизни. Очевидно, что состояние гиперадаптации усиливает манифестную эрготропную активность, создавая прецедент риска истощения регуляторных механизмов ребенка 1-го года жизни с несовершенным адаптационным резервом.

Следовательно, спектральные показатели ВСР обладают достаточной аналитической информативностью и могут служить надежным маркером физиологического развития ребенка.

### Выводы

1. Состояние вегетативной реактивности здоровых детей первого года жизни характеризуется выраженной эрготропной напряженностью, составляющей основу централизации в управлении функциональными системами организма.
2. Высокий уровень управляющей централизации в сочетании с гиперадаптацией у здоровых детей первого года жизни определяют пороговый характер функционирования ВГС и являются потенциальным фактором риска истощения энергометаболических механизмов адаптационного резерва.
3. Спектральные характеристики регуляторных параметров ВГС являются надежными высокоинформативными маркерами не только регуляторно-адаптационных процессов, но и закономерностей развития организма ребенка в целом.

### Список источников

1. Калюжный Е.А., Кузмичев Ю.Г., Крылов В.Н., Михайлова С.В., Жулин Н.В. Вегетативная регуляция функциональной адаптации школьников. Современные научные исследования и инновации. 2014; 14 (36): Ч. 1. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2014/04/33298> (дата обращения: 10.05.2024).

2. Томилова Е.А., Ларькина Н.Ю., Колпаков А.В., Беспалова Т.В. Интегративная оценка вегетативного статуса у детей различных функциональных типов конституции. Медицинская наука и образование Урала. 2017; 18 (2): 123–127.
3. Пшеничная Е.В. Оценка вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы мальчиков-подростков предпривычного возраста. Врач. 2018; 1(29): 56–59.
4. Филатова О.В., Богданова Т.А., Томилова И. Н. Особенности вариабельности ритма сердца, состава тела и параметров биоимпедансометрии у девочек в зависимости от темпов биологического созревания. Экология человека. 2020; 2: 24–32.
5. Gąsior J.S., Sacha J., Pawłowski M., Zieliński J., Jeleń P.J., Tomik A., Książczyk T.M., Werner B., Dąbrowski M.J. Normative Values for Heart Rate Variability Parameters in School-Aged Children: Simple Approach Considering Differences in Average Heart Rate. Front Physiol. 2018; 9:1495. doi: 10.3389/fphys.2018.01495
6. Стручкова, И.В. Возрастные особенности вегетативной регуляции у здоровых детей: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.03.01 Физиология / Стручкова Ирина Васильевна ; [Место защиты: Твер. гос. ун-т]. Тверь. 2013: 17.
7. Кушнир С.М., Антонова Л.К. Вегетативная регуляция у детей в постнатальном онтогенезе. Тверь: РИЦ ТГМУ. 2018: 18.
8. Азарова Е.В., Вялкова А.А., Космович Т.В. Клинико-микробиологическая характеристика ранней неонатальной адаптации новорожденных. Перинатальная медицина: от прегравидарной подготовки к здоровому материнству и детству: тезисы конференции с международным участием. Москва: Status Praesens. 2016: 3.
9. Гаджимурадова Н.Д., Пыхтина Л.А., Филькина О.М., Назаров С.Б. Особенности вегетативной регуляции у детей в год жизни, родившихся после экстракорпорального оплодотворения. Вестник новых медицинских технологий. 2016; 1: 53–59.
10. Налобина А.Н., Стоцкая Е.С. К вопросу о возрастной физиологической норме при оценке показателей вариабельности сердечного ритма у детей первого года жизни. Фундаментальные исследования (Биологические науки). 2014; 12: 2366–2372.
11. Иванов Д.О., Козлова Л.В., Деревцов В.В. Вегетативная дисфункция и адаптационно-резервные возможности у детей, рожденных с внутриутробной задержкой роста, в первом полугодии жизни. Педиатр. 2016; 4: 77–89.
12. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Удмуртский университет. 2009: 254.
13. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. Москва: Слово. 2008: 220.
14. Киселев А.Р., Гриднев В.И. Колебательные процессы в вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал. 2011; 7 (1): 34–39.

*Антонова Людмила Кузьминична (контактное лицо) — д.м.н., профессор, профессор кафедры поликлинической педиатрии и неонатологии ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России; 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4; antonova.lk@yandex.ru*

*Поступила в редакцию / The article received 31.03.2024.*