



**А.А. Лебеденко, Т.Д. Тараканова, Т.Б. Козырева, М.С. Касьян, Е.В. Носова,  
С.В. Мальцев, Е.Б. Тюрина, О.Е. Семерник**

## **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА – НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ ВЕГЕТАТИВНОЙ ДИСФУНКЦИИ У ДЕТЕЙ С БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ**

*Ростовский государственный медицинский университет,  
кафедра детских болезней № 2*

*Россия, 344022, Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29. E-mail: semernick@mail.ru*

Цель: исследовать состояние вегетативной нервной системы у детей с бронхиальной астмой в периоде обострения и ремиссии заболевания.

Материалы и методы: в рамках исследования обследован 121 пациент (81 в периоде обострения заболевания и 40 в периоде ремиссии). Изучение особенностей вегетативного гомеостаза осуществляли методом спектрального анализа кардиоинтервалограммы с использованием кардиоанализатора «АНКАР-131».

Результаты: по данным спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у детей обеих групп отмечалось преобладание в спектрограмме медленных волн II порядка, свидетельствующих о повышении гуморально-метаболических влияний. Причем у пациентов в периоде ремиссии заболевания средние значения спектральной мощности VLF-волн составили  $2700,275 \pm 248,35 \text{ мс}^2$ . Коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF) у 33,3% обследованных, испытывающих приступ удушья, и у 42,5% пациентов в периоде ремиссии заболевания превышал 2,0, что свидетельствует об активации симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Выводы: показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у детей с бронхиальной астмой являются ранними маркерами вегетативной дисфункции.

*Ключевые слова:* бронхиальная астма, спектральный анализ кардиоинтервалограммы.

**A.A. Lebedenko, T.D. Tarakanova, T.B. Kozyreva, M.S. Kasian, E.V. Nosova,  
S.V. Maltsev, E.B. Turina, O.E. Semernik**

## **THE SPECTRAL ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY - A NEW VIEW ON THE PROBLEM OF AUTONOMIC DYSFUNCTION IN CHILDREN WITH ASTHMA**

*Rostov State Medical University,  
Department of Childhood Illness № 2*

*29 Nakhichevansky st., Rostov-on-Don, 344022, Russia. E-mail: semernick@mail.ru*

Purpose: To investigate the state of autonomic nervous system in patients with asthma during the period of both aggravation and remission of the disease.

Materials and Methods: 121 patients are examined in the study (81 during the period of an exacerbation of a disease and 40 during the remission). The study of autonomic nervous system state was performed by using cardioanalizator «ANKAR-131».

Results: According to the spectral analysis of heart rate variability in children of both groups the predominance of slow waves II order were noted in spectrogram, it testifying to increase of humoral-metabolic effects. The VLF waves made  $2700,275 \pm 248,35 \text{ мс}^2$  values spectral power averaged in children during the period of remission of the disease. The vagosympathetic balance factor (LF/HF) in 33,3% of patients experiencing an attack of asthma and in 42,5% of patients during the remission of the disease is greater than 2,0, it indicating activation of sympathetic nervous system.

Summary: Analyzing the data one can say that the findings of the spectral analysis of heart rate variability in children with asthma are early markers of abnormal autonomic regulation.

*Key words:* asthma, spectral analysis cardiointervalograms.



## Введение

**Б**ронхиальная астма (БА) относится к наиболее частым хроническим заболеваниям у детей, оказывающим значительное влияние как на самого ребенка, так и на членов его семьи. Достижения современной медицины позволяют эффективно контролировать это заболевание у большинства пациентов. Однако БА имеет волнообразное течение с периодами обострения и ремиссии [1]. Анализ литературных данных свидетельствует о несомненной роли центрального и периферического отделов вегетативной нервной системы (ВНС) не только в патогенезе развития бронхиальной обструкции, но и в обеспечении процессов адаптации дыхательной и сердечно-сосудистой систем при БА [2]. Нарушения вегетативной регуляции при этом касаются как адренергического, так и холинергического звеньев, а поддержание вегетативного равновесия в ходе развития патологического процесса позволяет сохранить достигнутый уровень компенсации, обеспечить адекватный периферический кровоток и нормальный бронхиальный тонус [3].

В настоящее время разработан ряд методов исследования состояния ВНС у детей (определение исходного вегетативного тонуса с помощью опросников Вейна, расчет индекса Кердо, метод вариационной пульсометрии Р.М. Баевского, временной и статистический анализы кардиоинтервалограммы), однако наиболее объективным и информативным является спектральный анализ variability сердечного ритма (ВСР). Ритм сердечных сокращений является доступным для регистрации физиологическим параметром, отражающим процессы вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и организма в целом. Спектральные характеристики сердечного ритма позволяют выявить предпосылки возникновения и эволюции болезней, которые как в норме, так и при развитии патологического процесса обеспечиваются морфофункциональной иерархией центральных и периферических структурных компонентов нервной системы.

Для изучения патогенетических механизмов развития и прогноза течения болезни несомненно важна оценка вегетативных взаимодействий у больных БА.

Цель исследования - изучение особенностей вегетативного статуса у детей, страдающих БА, в периоде обострения и ремиссии заболевания.

## Материалы и методы

В рамках настоящего исследования был обследован 121 ребенок с установленным диагнозом БА. Средний возраст больных составил  $12,2 \pm 3,5$  лет. Среди пациентов преобладали мальчики - 94 (77,7%), девочек было

27 (22,3%). Обследование детей проводили в периоде обострения ( $n=81$ ) и ремиссии ( $n=40$ ) заболевания.

Изучение особенностей вегетативного гомеостаза осуществляли методом спектрального анализа кардиоинтервалограммы с использованием кардиоанализатора «АНКАР-131» (Медиком МТД, г.Таганрог).

Статистическую обработку результатов проводили с помощью набора прикладных программ «Microsoft Office 2000 Pro» for Windows OSR 2 на ЭВМ PC Intel Pentium-166 (Microsoft Office 97 Professional, 1997), для статистического анализа применялась компьютерная программа «STATISTICA 6.0». Анализ включал в себя определение средних арифметических величин, коэффициентов корреляции. Достоверность различий между группами по среднеарифметическим величинам, а также достоверность коэффициента корреляции определялась по критерию Стьюдента -  $t$ . Достоверным считался результат при  $t > 2$ , при котором  $p < 0,05$  [4].

## Результаты и обсуждение

Методом спектрального анализа кардиоинтервалограмм исследовано состояние вегетативного гомеостаза у детей, страдающих БА, в периоде обострения и ремиссии заболевания. Кардиоинтервалография (КИГ) является неинвазивным методом оценки ВСР, позволяющим в течение пяти минут определить уровень функционирования синусового узла и систем регуляции организма в целом.

По данным проведенного нами обследования у 71 ребенка (87,65%) с обострением БА в спектрограмме преобладают недыхательные (медленные) волны, отражающие активность гуморального и нервного каналов центральной регуляции сердечного ритма. Причем более чем у половины пациентов (58,02%) отмечаются преимущественные колебания ВСР в диапазоне очень низкочастотного компонента (VLF%), что характеризует гипердаптивную реакцию детского организма, развивающуюся в ответ на бронхиальную обструкцию.

Индивидуальный анализ спектральной мощности дыхательных волн (HF) выявил преобладающее влияние у 40 обследованных (49,38%) парасимпатического кардиоингибиторного центра продолговатого мозга. Причем значения мощности волн высокой частоты более  $4500 \text{ мс}^2$  отмечены у трети обследованных, что отличается от средних значений у здоровых детей. Мощность волн низкой частоты, определяющих активность вазомоторного центра, у 35 (43,21%) пациентов была менее  $754 \text{ мс}^2$ , что свидетельствует о развитии стрессорной реакции у ребенка, формирующейся в ходе патологического процесса.

Необходимо отметить, что у 36 пациентов (44,44%) спектральная мощность медленных волн II порядка превышала  $1200 \text{ мс}^2$  (рис. 1).

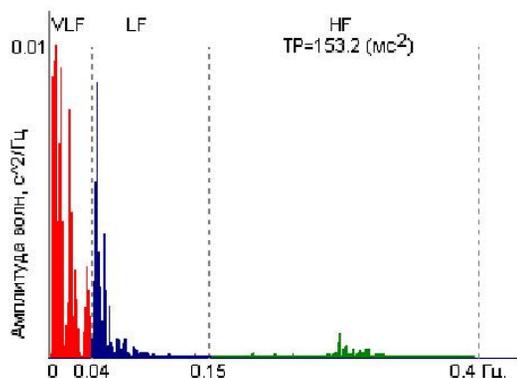


Рис. 1 Спектрограмма пациента Л., 12 лет, страдающего БА, с преобладанием в КИГ гуморально-метаболических влияний.



Увеличение амплитуды VLF-волн в структуре сердечного ритма свидетельствует о повышении активности гуморального звена и напряженности регуляторных механизмов при обеспечении функционирования организма. Также отмечена тенденция к возрастанию процентного содержания медленных волн II порядка при увеличении степени тяжести приступа БА. Это подтверждает данные о том, что процесс регуляции витальных функций при повышении нагрузки на организм ребенка осуществляется при участии неспецифических механизмов путем активации симпатического отдела ВНС и нейрогуморального звена регуляции. Несмотря на то, что средние показатели процентного содержания высокочастотных волн, свидетельствующие о влиянии парасимпатического отдела ВНС, при различной степени тяжести приступа превышали нормальные значения (легкий приступ –  $28,67 \pm 14,92\%$ , среднетяжелый –  $33,10 \pm 20,28\%$  и тяжелый –  $25,49 \pm 18,46\%$ ), у более 40% обследованных в спектрограмме преобладали и медленные волны II порядка, характеризующие активацию неадреналин-нехолинэргической системы. Этим подтверждается сопряженность реагирования различных звеньев адаптации организма ребенка к стрессорным воздействиям.

Выявлена достоверная корреляционная зависимость между степенью тяжести приступа БА и коэффициентом вагосимпатического баланса ( $r=0,48$ ). Следовательно, чем тяжелее состояние больного, тем менее выражено влияние парасимпатического отдела ВНС, о чем свидетельствуют значения отношения мощности волн низкой частоты к мощности волн высокой частоты. Это объяснимо с точки зрения патофизиологии бронхообструктивного синдрома при БА: бронхоспазм, развивающийся в процессе заболевания, приводит к увеличению остаточного объема легких и, следовательно, к их растяжению, что рефлекторно ослабляет тоническое возбуждение преганглионарных вагусных нейронов. Одновременно такое же действие на эти нейроны оказывает дыхательный центр, приводя к усилению влияния симпатического и нейрогуморального звеньев регуляции. В результате этих воздействий активность парасимпатического отдела ВНС снижается, что наглядно демонстрирует уменьшение спектральной мощности дыхательных волн. Подтверждением данному факту является обратная корреляционная зависимость между показателями пиковой скорости выдоха (ПСВ) ребенка и значениями коэффициента вагосимпатического баланса ( $r=-0,22$ ) (Рис. 2).

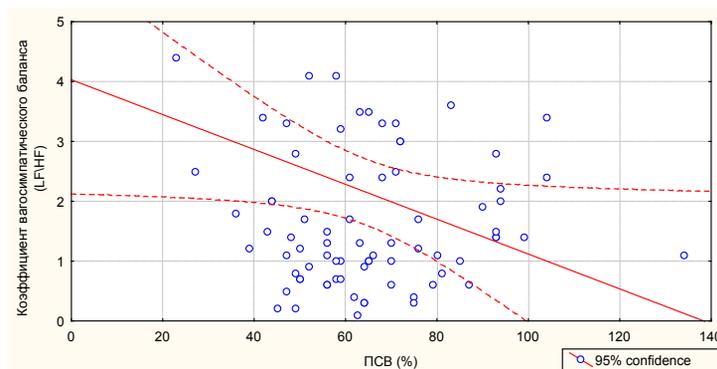


Рис. 2. Корреляционная зависимость между показателями ПСВ и значениями коэффициента вагосимпатического баланса.

Об увеличении активности симпатического звена регуляции свидетельствует возрастание количества пациентов, имевших превышение относительных значений мощности волн высокой частоты более 58,8 нормализованных единиц (36 человек, 44,44%), тогда как HFnorm менее 40 норм. ед. имели лишь 17 пациентов (20,99%). Это

подтверждает факт активации у конкретного ребенка защитных механизмов при развитии бронхообструктивного синдрома.

В таблице 1 представлены показатели спектрального анализа ВСП у детей с БА в периоде обострения и ремиссии заболевания.

Таблица 1

Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у детей с БА в периоде обострения и ремиссии заболевания, ( $M \pm m$ )

Показатели	Период обострения БА (n=81)	Период ремиссии БА (n=40)	P
HF, мс2	3517,63±982,45	2088,60±190,30	p>0,05
LF, мс2	2232,03±327,13	2972,87±225,66	p>0,05
VLF, мс2	1766,65±221,70	2700,27±248,35	p<0,05
Общая спектральная мощность, мс2	9453,64±235,29	7586,92±587,42	p>0,05
%HF, %	28,97±18,46	26,01±12,40	p>0,05
%LF, %	35,18±11,25	40,72±11,28	p<0,05
%VLF, %	35,84±16,91	33,26±10,95	p>0,05
LF/HF	2,16±2,54	2,10±1,46	p>0,05
Hfnorm, %	42,22±18,82	38,61±15,43	p>0,05
Lfnorm, %	57,77±18,82	61,58±15,34	p>0,05



Количественное значение спектральной мощности медленных волн II порядка у пациентов вне обострения заболевания имеет достоверные отличия от показателей детей, испытывающих приступ удушья, и значительно превышает норму более чем у половины обследованных (среднее значение  $VLF=2700,27\pm 248,35\text{ мс}^2$ ), что свидетельствует о повышенной активности центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма. Также необходимо отметить, что у 23 (57,5%) пациентов в спектрограмме выявлено высокое процентное содержание медленных волн II порядка, обусловленное влиянием надсегментарного уровня регуляции. Показано, что VLF-волны отражают центральное влияние на нижележащие уровни и позволяют судить о функциональном состоянии организма человека. Целенаправленные исследования А.Н. Флейшмана [5] продемонстрировали важное значение анализа ВСР в VLF-диапазоне. В его исследованиях показано, что мощность VLF-колебаний ВСР является чувствительным индикатором управления метаболическими процессами и хорошо отражает энергодефицитное состояние организма. Мобилизация энергетических и метаболических резервов при функциональных воздействиях может отражаться изменениями мощности спектра в VLF-диапазоне. Высокий уровень VLF-волн у обследованных нами больных можно трактовать как гипердаптивное состояние, формирующееся на фоне хронической патологии.

Установлено, что показатели мощности вазомоторных волн (низкочастотной составляющей спектра) не соответствуют нормативным показателям лишь у 5 пациентов (12,5%) в периоде ремиссии заболевания, тогда как в периоде обострения БА более 35 детей (43,28%) имели значения LF менее  $754\text{ мс}^2$ . Полученные данные подтверждают наличие нарушений вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы, возникающие при развитии бронхоспазма, и могут являться ранним маркером срыва адаптационных резервов организма ребенка, формирующихся в периоде обострения БА.

Изучение показателей высокочастотной составляющей спектра выявило значительное преобладание HF-волн (показатели мощности волн высокой частоты более  $1178\text{ мс}^2$ ) у 25 (62,51%) больных. Причем анализ процентного распределения значений дыхательных волн указывает на усиление автономного контура регуляции у половины обследованных, тогда как снижение HF менее 10% выявлено лишь у двух пациентов (5,0%), а нормальные показатели - у 45,0% обследованных детей в периоде ремиссии заболевания. Необходимо отметить, что высокие значения HF-волн (более  $2000\text{ мс}^2$ ) были отмечены у 40,0% пациентов с продолжительностью заболевания более 7 лет, что свидетельствует о повышенной их тренированности, формирующейся на фоне рецидивирующих приступов бронхообструкции.

Значения коэффициента вагосимпатического баланса у детей в периоде ремиссии заболевания не имели статистически значимых отличий от пациентов в приступном периоде. В то же время следует отметить, что у 17 (42,5%) обследованных, не испытывающих приступ удушья, значения LF/HF были более 2,0, что свидетельствует об активации у них симпатического отдела ВНС. Эти показатели коррелируют с величиной индекса дыхательных волн ( $r=-0,90$ ) (рис. 3). Более половины детей в периоде ремиссии заболевания имеют значения относительной мощности волн высокой частоты менее 40%. Полученные результаты показали, что у больных БА отмечается снижение вегетативной модуляции сердечного ритма на фоне симпатикотонии. Примечательно, что у детей с нормальной бронхиальной проходимость обнаруживается и достоверное снижение показателей ВСР, характеризующих дизрегуляцию пейсмейкерной активности синоатриального узла, которая может развиваться у ребенка с БА, указывая на раннее вовлечение сердца в патологический процесс. Выявленные изменения, даже при отсутствии симптомов бронхиальной обструкции, говорят о сохраняющейся напряженности регуляторных систем в организме ребенка, находящегося в состоянии хронического стресса, вызванного заболеванием.

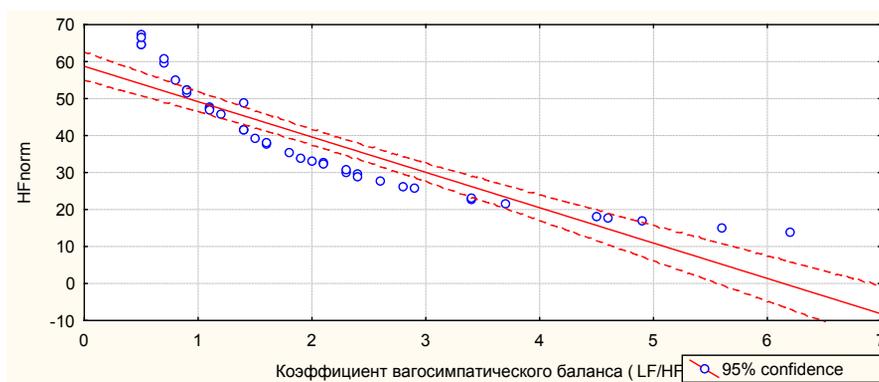


Рис. 3. Корреляционная зависимость между индексом дыхательных волн ( $HF_{norm}$ ) и коэффициентом вагосимпатического баланса ( $LF/HF$ ).

### Заключение

Анализ показателей ВСР у детей с БА в периоде обострения заболевания выявил выраженный дисбаланс ВНС в виде активации нейрогуморального и симпатическо-

го отделов регуляции и подавления парасимпатических влияний. В периоде ремиссии БА отмечается снижение общей вариабельности сердечного ритма, а также преобладание в спектрограмме медленных волн II порядка, обусловленных угнетением быстрого симпато-парасим-



патического и повышением гуморально-метаболического влияний. Это подтверждает важное значение нарушений вегетативной регуляции в патогенезе БА и формировании нарушений функционирования сердечно-сосудистой

системы. Выявляемые с помощью спектральной КИГ регуляторные взаимодействия при БА позволяют индивидуализировать тактику лечения пациентов и профилактировать у них кардиогемодинамические нарушения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов, А.Г. Роль физических факторов в терапии Геппе Н.А., Колосова Н.Г. Ингаляционная терапия обострений бронхиальной астмы у детей // Пульмонология. – 2011. - № 5. – С. 34-37.
2. Лебеденко А.А., Тараканова Т.Д. Особенности вегетативного статуса у детей с бронхиальной астмой // Фундаментальные исследования. – 2011. - № 11. - С. 57 - 59.
3. Сависько А.А., Лебеденко А.А., Тараканова Т.Д. Функциональное состояние миокарда и характер изменений вегетативной регуляции у подростков с бронхиальной астмой // Валеология. – 2011. - № 1. - С.54- 58.
4. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М.: Медиа Сфера. – 2003. – 312 с.
5. Флейшман А.Н. Медленные колебания кардиоритма и феномены нелинейной динамики: классификация фазовых портретов, показателей энергетики, спектрального и детрентного анализов // Материалы 3-го Всероссийского симпозиума 2001г. – Новокузнецк, 2001. – с.49-61.

ПОСТУПИЛА: 21.01.2013