О.А.Козырев, Р.С.Богачев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РИТМА ДЫХАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА

Смоленская государственная медицинская академия, г. Смоленск, Россия

Для изучения состояния вегетативного баланса предложен метод математического анализа ритма дыхания, использование которого целесообразно при невозможности проведения кардиоинтервалографии у лиц с нарушениями сердечного ритма. Приведены показатели, характеризующие длительность дыхательного цикла, которые позволяют оценить состояние вегетативной нервной системы.

The mathematical analysis of breath rate is proposed as method of definition of vegetative tone for the cases of impossibility of heart rate variability study in patients with nonsinus rhythm or arrhythmias. Parameters, describing breath cycle length, are proposed for the estimation of neuro-vegetative system.

Ключевые слова: ритм дыхания, математический анализ, вегетативный баланс, корреляция с колеблемостью сердечного ритма.

Key words: respiration rate, mathematical analysis, autonomic balance, correlation with the heart rate variability.

ВВЕДЕНИЕ

Для оценки состояния вегетативного гомеостаза широко используется метод математического анализа сердечного ритма (СР) по результатам вариабельности сердечного ритма (ВСР) [2]. При этом проводится статистический анализ исследуемого ряда кардиоциклов с определением таких показателей, как математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, коэффициенты асимметрии и эксцесса.

Уточнить характер регуляторных воздействий на сердечный ритм (СР) и охарактеризовать его внутреннюю структуру возможно с применением вариационной пульсометрии [2]. Оценка ВСР с проведением статистического анализа и вариационной пульсометрии возможна при СР у исследуемого субъекта.

Вместе с тем, в практике кардиолога нередки ситуации, когда исследование ВСР невозможно вследствие несинусового ритма или нарушений СР у исследуемого пациента. Такими аритмиями, затрудняющими ВСР, являются частые наджелудочковые и желудочковые экстрасистолы, миграция водителя ритма сердца, эктопический ритм, мерцание и трепетание предсердий, пароксизмальные тахикардии.

В связи с этим нами изучена возможность оценки состояния вегетативного тонуса нервной системы путем математического анализа ритма дыхания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы 129 молодых мужчин (средний возраст 19,55$\pm$3,14) с различными заболеваниями сердечно-сосудистой системы (нейроциркуляторная дистония, врожденные пороки сердца, миокардитический кардиосклероз, ревматизм, миокардиодистрофии различного генеза), а также здоровые люди. Одновременно с ВСР проведена регистрация длительности дыхательных движений и раздельно оценивалась продолжительность вдоха и выдоха с использованием капнографа Normocap (Дания).

Полученные результаты обработаны статистически с применением методов дескриптивной статистики, рассчитаны показатели математического анализа ритма по Р.М.Баевскому [2] (индекс напряжения, индекс вегетативного равновесия, вегетативный показатель ритма, показатель адекватности процессов регуляции). Проведен также спектральный и автокорреляционный анализ. Сравнение проводили с использованием критериев t Стьюдента для связанных и несвязанным выборок, корреляционный анализ проведен с расчетом коэффициента корреляции рангов Спирмена (пакет Statistica 5.0 for Windows).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Анализ показал значимые корреляционные связи между статистическими и вариационными показателями ВСР и показателями, характеризующими дыхательный цикл (ДЦ) - длительностью вдоха (Двд), длительностью выдоха (Двыд), длительностью дыхательного цикла (Ддых) (табл. 1). Коэффициенты корреляции колебались от 0,23 до до 0,50 при значениях p от 0,043 до 0,0001. Вместе с тем, значения коэффициентов корреляции были наибольшими при сопоставлении ВСР с Ддых, по сравнению с другими составляющими дыхательного цикла (Двд и Двыд).

Отсутствовали корреляционные связи между показателями ВСР и коэффициентами асимметрии и эксцесса всех показателей ДЦ. Также не было выявлено корреляционных связей между показателями спектрального и автокорреляционного анализа ВСР и ДЦ.

В регуляции дыхательного ритма принимают участие различные структуры организма, которые условно объединяются в понятие «дыхательный центр». Он включает в себя три функциональных блока: 1) хеморегулятор, 2) автогенератор дыхательного ритма и 3) механорегулятор [1]. На работу дыхательного центра оказывают влияние как нервные - кора больших полушарий, вегетативная нервная система (АНС)(главным образом блуждающий нерв), так и гуморальные механизмы - содержание O_2 и CO_2 в крови.

При этом ведущим регуляторным звеном является нервная регуляция - как за счет непосредственного прямого воздействия коры головного мозга (произвольная регуляция) на нейроны ствола мозга, где расположен центр дыхательного автоматизма, так и по принципу отрицательной обратной связи от хеморецепторов и проприорецепторов различной локализации [1, 5].

Таблица 1

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (R) между показателями КИГ и ДЦ

Показатели	Двд		Двыд		Ддых	
	R	p	R	p	R	p
Mo	0,235	0,0071	0,285	0,0010	0,367	0,0001
AMo	0,357	0,0001	0,314	0,0002	0,395	0,0002
dX	0,417	0,0001	0,311	0,0003	0,444	0,0001
M	0,277	0,0014	0,342	0,0001	0,375	0,0002
СКО	0,440	0,0001	0,407	0,0001	0,468	0,0001
V	0,264	0,0024	0,178	0,0434	0,337	0,0067
As	0,147	>0,05	-0,085	>0,05	0,026	>0,05
Ex	0,069	>0,05	-0,102	>0,05	0,045	>0,05
ИН	0,435	0,0001	0,422	0,0001	0,496	0,0001
ИВР	0,412	0,0001	0,382	0,0001	0,432	0,0001
ВПР	0,459	0,0001	0,388	0,0001	0,506	0,0001
ПАПР	0,303	0,0004	0,325	0,0002	0,402	0,0001
ИЦ	-0,174	>0,05	-0,002	>0,05	-0,090	>0,05
$S_д$	-0,122	>0,05	0,133	>0,05	0,005	>0,05
$S_м$	-0,019	>0,05	0,044	>0,05	0,041	>0,05
S0	-0,079	>0,05	-0,057	>0,05	-0,098	>0,05
1К	-0,050	>0,05	0,031	>0,05	-0,074	>0,05
M_{03}	0,005	>0,05	0,044	>0,05	0,027	>0,05
M_0	-0,128	>0,05	0,001	>0,05	-0,171	>0,05

Здесь и далее: Mo - мода, AMo - амплитуда моды, dX - вариационный размах, M - математическое ожидание, СКО - среднее квадратическое отклонение, V - коэффициент вариации, As - коэффициент асимметрии, Ex - коэффициент эксцесса, ИН - индекс напряжения, ИВР - индекс вегетативного равновесия, ВПР - вегетативный показатель ритма, ПАПР - показатель адекватности процессов регуляции, S0 - мощность медленных волн второго порядка, $S_м$ - мощность медленных волн первого порядка, $S_д$ - мощность дыхательных волн, ИЦ - индекс централизации, 1К - величина коэффициента автокорреляции после первого сдвига, M_{03} - количество сдвигов, когда коэффициент автокорреляции становится меньшим, чем 0,3, M_0 - количество сдвигов, когда коэффициент автокорреляции становится отрицательным.

Центр автоматической регуляции дыхательного ритма состоит из инспираторной и экспираторной областей, которые расположены в непосредственной близости с сердечно-сосудистым центром в продолговатом мозгу [4]. Опытами Н. Е. Введенского и Л. А. Орбели показаны функциональные взаимосвязи между дыхательным и сердечно-сосудистым центрами с возможностью иррадиации возбуждения (цит. по [3]).

Исходя из изложенных положений, ритм дыхания, являясь периодическим процессом, как и СР, может быть исследован с использованием методов математического анализа. Выявленные в нашем исследовании высокозначимые корреляционные связи между статистическими показателями ВСР и ДЦ указывают на общность регуляторных влияний АНС на сердце и систему кровообращения с регуляторными влияниями на ритм дыхания.

Отсутствие связей между коэффициентами асимметрии и эксцесса указывает на разные степени стационарности и тренды исследуемых динамических рядов (ВСР и ДЦ) [2] и отражает различия в регуляции систем кровообращения и дыхания. Высокая достоверность корреляционных коэффициентов между показателями вариационного анализа указывает на сходное соотношение между влияниями симпатического и парасимпатического отделов АНС на сердечно-сосудистую и дыхательную системы.

Тот факт, что отсутствовали корреляционные связи между показателями спектрального и автокорреляционного анализа ВСР и ДЦ отражает различия в регуляции частоты сердечных сокращений и частоты дыхания. Эти показатели указывают на связи между центральным и автономным контурами (различными уровнями регуляции ритма) [2].

В регуляции ДЦ, судя по достоверным различиям между коэффициентами автокорреляции ВСР и Ддых, отсутствует влияние центрального контура регуляции на автономный контур - значения показателя 1К для ВСР и ДЦ соответственно 0,435 + 0,185 и 0,280 + 0,195, p < 0,0001.

Для определения состояния вегетативной регуляции по ДЦ наиболее пригодными оказались величины, характеризующие Ддых. С целью определения показателей, характеризующих состояние АНС, по результатам ВСР обследованная группа разделена на три подгруппы с симпатикотонией, нормотонией и ваготонией, включающие соответственно 25, 51 и 53 человек.

В этих группах, исходя из средних значений и доверительных интервалов основных показателей, характеризующих вегетативный тонус (AMo, dX и ИН), определены их значения для Ддых, на основании которых возможна оценка состояния вегетативной регуляции по результатам математического анализа продолжительности Ддых (табл. 2).

Таблица 2.

Определение вегетативного тонуса по результатам математического анализа длительности дыхательного цикла

Вегетативный тонус	AMo	dX	ИН
симпатикотония	> 30	< 2,6	> 2,0
нормотония	20 - 30	3,7 - 2,6	1,0 - 2,0
ваготония	< 20	> 3,7	< 1,0

ВЫВОДЫ

1. Выявлены значимые корреляционные связи между статистическими и вариационными показателями сердечного ритма и ритма дыхания, что указывает на однонаправленное влияние вегетативной нервной системы на сердечно-сосудистую и дыхательную системы.

2. На основе математического анализа ритма дыхания возможна оценка состояния тонуса вегетативной нервной системы в случаях, когда не осуществима кардиоинтервалография вследствие нарушений сердечного ритма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимов В.Н. Нарушения регуляции дыхания. - М: Медицина, 1990. - 248 с.
2. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. - М., 1984. - 222 с.
3. Пресман А.П., Пресман Л.П. Нарушения центральной нервной регуляции при сердечно-сосудистых заболеваниях. - М: Медицина, 1968. - 130 с.
4. Трубецкой А.В. Нервная регуляция сердца // Руководство по кардиологии. Т. 1. / Под ред. Е.И.Чазова. - М.: Медицина, 1982. - С.167-189.
5. Уэст Дж. Физиология дыхания: Пер. с англ. - М: Мир, 1988. - 200 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РИТМА ДЫХАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА

О.А.Козырев, Р.С.Богачев

Для изучения состояния вегетативного баланса предложен метод математического анализа ритма дыхания, использование которого целесообразно при невозможности проведения кардиоинтервалографии у лиц с нарушениями сердечного ритма. Приведены показатели, характеризующие длительность дыхательного цикла, которые позволяют оценить состояние вегетативной нервной системы.

Выявлены значимые корреляционные связи между статистическими и вариационными показателями сердечного ритма и ритма дыхания, что указывает на однонаправленное влияние вегетативной нервной системы на сердечно-сосудистую и дыхательную системы. Показано, что на основе математического анализа ритма дыхания возможна оценка состояния тонуса вегетативной нервной системы в случаях, когда не осуществима кардиоинтервалография вследствие нарушений сердечного ритма.

BREATH RATE VARIABILITY AS METHOD OF DEFINITION OF VEGETATIVE TONE

O.A.Kozyrev, R.S.Bogachev

The mathematical analysis of breath rate is proposed as method of autonomic tone assessment in the cases when the heart rate variability study is impossible in patients with cardiac arrhythmias. The parameters, describing respiration cycle length, are proposed for the autonomic nervous system assessment.

In order to assess the autonomic balance, the technique of mathematical analysis of the respiration rate is proposed. Its use is justified in cases when heart rate variability study is impossible in patients with cardiac arrhythmias. The parameters, describing respiration cycle length, are proposed for the autonomic nervous system assessment. Significant correlation is revealed between the statistic and variation indices of the heart rate and respiration rate variability. It indicates unidirectional influence of the autonomic system on the cardiovascular and respiratory sytem. Mathematical analysis of the respiratory rate is shown to provide a useful tool for the assessment of the autonomic tone in cases when heart rate variability could not be assessed.