

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ НИЗКОЧАСТОТНОЙ КОМПОНЕНТЫ СПЕКТРА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Киселев А. Р., Гриднев В. И.*, Колижирина О. М., Киричук В. Ф.

Государственный медицинский университет, кафедра нормальной физиологии человека; НИИ кардиологии МЗ РФ, Саратов*

Резюме

Исследовались характеристики компонент спектра вариабельности сердечного ритма (ВСР) у добровольцев разного возраста и состояния сократительной функции сердца в ходе проведения функциональной (с управляемым по частоте дыханием) и велоэргометрической пробы. Показана неоднородная чувствительность компонент спектра ВСР к периодическому дыханию на разных частотах, с максимальной реакцией в области 0,1 Гц при периоде дыхания 10 секунд. Степень чувствительности коррелирует с тяжестью сердечной патологии. Выявлена зависимость устойчивости плотности мощности 0,1 Гц-компоненты к повышению физической нагрузки от состояния сократительной функции сердца. Возможно применение показателей чувствительности и устойчивости 0,1 Гц-генерации для оценки тяжести поражения сердца.

Ключевые слова: вегетативное управление сердцем, параметры 0,1 Гц-компоненты вариабельности сердечного ритма.

В механизме вегетативного управления сердцем используется представление о том, что вариабельность сердечного ритма (ВСР) является выходным сигналом системы вегетативного управления сердцем (СВУС) [1-3]. Она создает собственные колебания в вариабельности сердечного ритма частотой около 0,1 Гц, обусловленные свойствами управления [6, 11], а не модулируемыми внешним гармоническим сигналом [10]. Модель вегетативного управления сердцем, созданная R. W. De Boer, отражает основные свойства системы вегетативного управления сердцем и изменчивости деятельности сердца [12]. Наличие собственных колебаний в системе управления сердцем позволяет использовать резонансный отклик в низкочастотном (LF) диапазоне спектра вариабельности сердечного ритма на внешнее возмущение периодом 10 сек, что, по модели R. W. De Boer, соответствует частоте данных колебаний системы, для изучения вегетативного управления сердцем и как индикатор достаточности вегетативной адаптации.

Применение периодического управляемого дыхания обеспечивает снижение влияния дополнительных нерегистрируемых факторов на вегетативную нервную систему, что невозможно в условиях спонтанного дыхания [1, 7, 9]. Периодическое дыхание является также мощным внешним фактором, оказывающим влияние на важнейшие параметры сердечной деятельности — такие, как динамика частоты сердечных сокращений (ЧСС) и уровень систолического артериального давления посредством частотно-зависимого феномена [8], обусловленного, вероятно, воздействием на вегетативное управление сердцем. При этом выраженность феномена зависит от частоты пе-

риодического управляемого дыхания [8]. Таким образом, возможно применение управляемого дыхания в качестве источника внешнего возмущения для системы вегетативного управления сердцем.

Многие лекарственные средства оказывают прямое или косвенное воздействие на вегетативную нервную систему, изменяя при этом значения параметров ВСР. Так, блокада бета-адренорецепторов сопровождается увеличением ВСР и снижением мощности LF-компоненты спектра ВСР [5]. В то же время, достаточно противоречивы данные относительно эффекта бета-адреноблокаторов на ВСР у лиц, перенесших инфаркт миокарда, отсутствует четкое понимание связи механизма влияния лекарственных средств на вегетативную нервную систему и динамику показателей ВСР, а также нет критериев ВСР, позволяющих производить оценку эффективности действия данных медикаментов.

Целью данного исследования являлось изучение характеристик вариабельности сердечного ритма с позиции De Boer's модели и возможности их применения в клинической практике.

Материал и методы

Изучались частотные оценки компонент спектра ВСР у четырех групп испытуемых:

Группа А — 30 добровольцев (16 мужчин и 10 женщин) без признаков сердечной патологии, в возрасте $20,0 \pm 1,5$ лет.

Группа В — 30 пациентов с ИБС без нарушений сократимости (фракция выброса $> 65\%$), в возрасте $49,0 \pm 8,5$ лет.

Группа С — 30 пациентов с нарушенной систоли-

ческой функцией после перенесенного инфаркта миокарда, в возрасте $56,0 \pm 8,0$ лет.

Группа D — 20 спортсменов-разрядников в возрасте $20,0 \pm 3,0$ лет, физически развитые мужчины без признаков сердечной патологии.

Состояние систолической функции сердца оценивали при помощи эхокардиографического исследования на основе определения фракции выброса (ФВ).

Регистрация ритмограмм производилась при проведении следующих функциональных проб (обозначены в соответствии с исследуемыми группами):

А, В и С. Внешние возмущения для сердечно-сосудистой системы создавались функциональной пробой с управляемым по частоте дыханием; период дыхания задавался от 4 до 12 секунд по звуковой команде электронного метронома. Длительность каждого этапа управляемого дыхания составляла 3 минуты, после чего выполнялось измерение артериального давления (АД) по методу Короткова.

В, С и D. Изменение активности сердечно-сосудистой системы модулировалось в ходе велоэргометрической пробы с нагрузкой 25 и 50 Вт в течение шести минут на каждой ступени нагрузки. На этапах нагрузки у испытуемых выполнялось управляемое дыхание периодом 10 секунд, при этом первые 3 минуты этапа нагрузки регистрировались при спонтанном дыхании, а последние 3 минуты — в условиях управляемого дыхания.

Соотношение фаз вдоха и выдоха, а также глубина дыхания во время проведения всех функциональных проб с управляемым дыханием не отличались от таковых показателей при спонтанном дыхании.

Для получения частотных оценок ВСР использовался параметрический метод построения спектра временного RR-ряда на основе авторегрессионной модели до 14 порядка. Программа анализа спектра обеспечивала шаг вычисления спектральной плотности мощности по частоте порядка 0,01 Гц в диапазоне от 0,01 Гц до 0,5 Гц, период квантования массива RR-интервалов — 0,5 секунд. Для дальнейшего анализа выделялись три диапазона: высокочастот-

ный (HF: 0,15–0,4 Гц), низкочастотный (LF: 0,04–0,15 Гц) и сверхнизкочастотный (VLF: <0,04 Гц), в которых вычислялась частотная мощность спектра ВСР (в мс^2) [4].

Для спектрального анализа отбирались трехминутные ритмограммы, не содержащие помех, экстрасистол, заметного линейного тренда и переходных процессов.

Статистические расчеты производились при помощи программного пакета «Statistica 6,0».

Результаты исследования

Анализ результатов функциональной пробы в группе А у добровольцев без признаков сердечной патологии при горизонтальном положении тела испытуемых показал существенное повышение плотности мощности компоненты спектра ВСР на частоте периодического дыхания (4, 6, 8, 10 и 12 сек) с более выраженной реакцией в LF-диапазоне ($p < 0,001$), при максимуме в области 0,1 Гц ($p < 0,01$) (рис. 1). В течение каждой серии ритмограмм функциональной пробы отмечалось относительное постоянство среднего уровня частоты сердечных сокращений (ЧСС) и уровня артериального давления ($p=0,01$).

В группе В у пациентов с ИБС без нарушений сократимости (фракция выброса $> 65\%$) наблюдалось снижение исходных значений мощности отклика в LF-диапазоне спектра ВСР, относительно таковых показателей в группе А; достоверные различия в HF-диапазоне отсутствовали (табл.). Управляемое дыхание с периодом 8, 10 и 12 сек вызывало достоверно ($p < 0,02$) больший отклик спектральной плотности мощности на частоте дыхания в LF-диапазоне ВСР, нежели управляемое дыхание с периодом 4 и 6 секунд в HF-диапазоне; при этом сохранялось наибольшее значение отклика в области 0,1 Гц-компоненты спектра ВСР. В течение функциональной пробы отмечалось относительное постоянство среднего уровня ЧСС и АД.

В группе С у пациентов с нарушенной систолической функцией после перенесенных инфарктов миокарда достоверные отличия спектральных откликов в ответ на управляемое дыхание различного периода отсутствовали (табл.), при этом спектр ВСР характеризовался низкими абсолютными величинами плотности мощности своих компонент. В течение функциональной пробы отмечалось относительное постоянство среднего уровня ЧСС и АД.

В ходе велоэргометрической пробы в группе D у спортсменов-разрядников без признаков сердечной патологии при нагрузке в 25 Вт в условиях спонтанного дыхания наблюдалось уменьшение плотности мощности LF-компоненты в 4 раза, по сравнению с состоянием покоя. При дальнейшем увеличении нагрузки до 50 Вт мощность LF-компоненты умень-

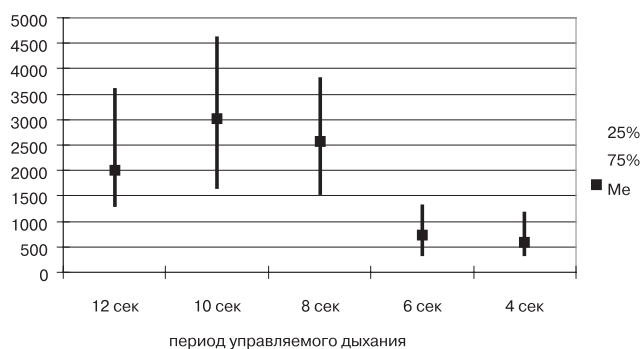


Рис. 1. Спектральная плотность мощности (Me) компонент спектра ВСР на частоте периодического дыхания в группе А

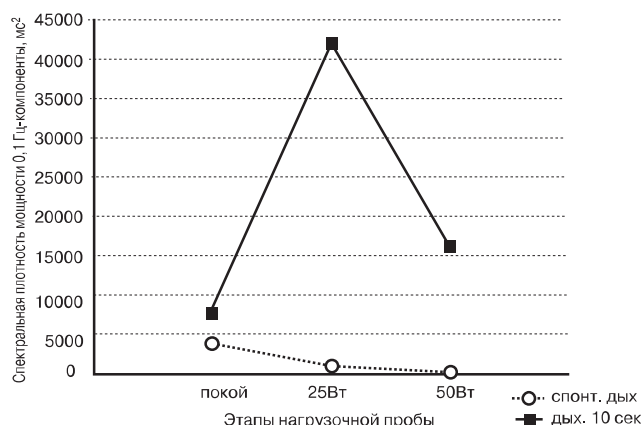


Рис 2. Динамика плотности мощности (Me) 0,1 Гц-компоненты спектра ВСП в группе D в ходе велоэргометрической пробы.

шалась еще в 2,5 раза, по сравнению с нагрузкой в 25 Вт. В условиях управляемого дыхания с периодом 10 секунд при нагрузке 25 Вт наблюдалось увеличение мощности LF-компоненты в 4 раза, по сравнению с состоянием покоя. При дальнейшем увеличении нагрузки до 50 Вт мощность LF-компоненты уменьшалась еще в 2,5 раза по сравнению с нагрузкой в 25 Вт (рис. 2). Необходимо отметить, что, по мере увеличения нагрузки, отмечалось повышение уровня ЧСС и АД.

У людей с нарушением кровоснабжения миокарда (группы В и С) увеличение нагрузки в условиях спонтанного дыхания сопровождалось значительным снижением (в 2-3 раза) мощности отклика в области 0,1 Гц спектра ВСП (рис. 3 и 4).

В условиях управляемого дыхания с периодом 10 секунд в группе В повышение нагрузки до 25Вт не сопровождалось достоверно значимой динамикой мощности 0,1 Гц-генерации, тогда как в группе С наблюдалось выраженное снижение (в 2-2,5 раза) мощности LF-диапазона. При дальнейшем повышении нагрузки до 50Вт наблюдалось снижение мощности спектра в обеих группах, при этом достигнутые абсолютные величины мощности LF-диапазона спектра ВСП не имели выраженных различий (рис. 3 и 4).

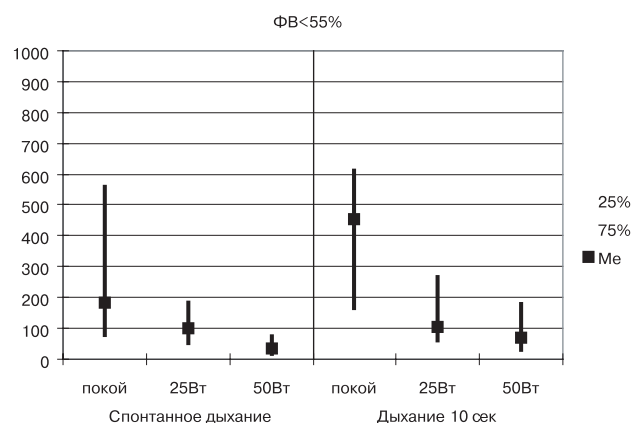


Рис 3. Динамика плотности мощности (Me) 0,1 Гц-компоненты спектра ВСП в группе С в ходе велоэргометрической пробы.

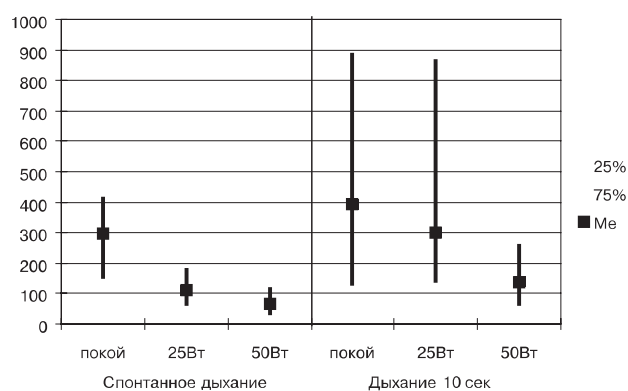


Рис 4. Динамика плотности мощности (Me) 0,1 Гц-компоненты спектра ВСП в группе В в ходе велоэргометрической пробы.

Обсуждение

Анализ полученных спектров ВСП показал неоднородную чувствительность системы вегетативного управления сердцем к периодическому дыхательному возмущению на различных частотах. Во всех наблюдениях определялось увеличение плотности мощности компонент спектра ВСП на частоте дыхания. Сравнивая абсолютные величины мощности откликов ВСП, можно отметить достоверно большие числовые значения в LF-диапазоне спектра ВСП, по сравнению с HF-диапазоном. Максимально выраженная реакция на дыхательное возмущение отмечалась в обла-

Таблица

Мощность компонент спектра ВСП на частоте периодического дыхания в положении лежа на спине, Me(25%; 75%), (мс²)

	Управляемое дыхание с периодом (в секундах)				
	4сек	6сек	8сек	10сек	12сек
Группа А (n = 30)	595 (351;1152)	721 (352;1296)	2575 (1546;3792)	3015 (1672;4597)	1996 (1316;3594)
Группа В (n = 30)	250 (127;1450)	339 (230;1108)	920 (483;1520)	1307 (820;2320)	537 (380;1416)
Группа С (n = 30)	137 (44;217)	101 (21;178)	113 (87;362)	146 (98;383)	136 (76;392)
РА-В	p = 0,02	p = 0,04	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
РВ-С	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001

ти 0,1 Гц, что соответствует de Boer's модели и, таким образом, позволяет подтвердить резонансную природу 0,1 Гц-генераций.

Принимая во внимание, что, согласно модели de Boer's, 0,1 Гц- компонента спектра ВСП характеризует свойства системы вегетативного управления сердцем, изучение динамики мощности 0,1 Гц — генерации ВСП позволяет анализировать изменение чувствительности системы к внешним дыхательным возмущениям при изменении функционального состояния сердечно-сосудистой системы — например, при проведении различных функциональных проб.

В условиях спонтанного дыхания 0,1 Гц — компонента спектра ВСП часто не определяется или же ее мощность незначительна. Аналогичная ситуация наблюдается и при периодическом дыхании в HF-частотном диапазоне. Учитывая данные особенности чувствительности 0,1 Гц-генерации, можно говорить о необходимости прямого внешнего дыхательного возмущения на систему вегетативного управления сердцем на частоте 0,1 Гц (период 10 сек) с целью оценки параметров 0,1 Гц- компоненты спектра ВСП. Данная особенность 0,1 Гц-генерации может создать основу метода исследования ее свойств в ходе функциональных проб.

Таким образом, анализ характеристик 0,1 Гц-генерации системы вегетативного управления сердцем должен производиться в ходе функциональных проб в условиях прямого внешнего возмущения 0,1 Гц-генерации периодическим сигналом.

У людей старшей возрастной группы с нарушением кровоснабжения миокарда (коронарный кардиосклероз) наблюдалось снижение исходных значений мощности отклика в области 0,1 Гц, что может быть обусловлено как возрастными изменениями, так и тяжестью сердечно-сосудистой патологии. Показано, что управляемое дыхание с периодом 4, 6, 8, 10 и 12 сек вызывало достоверно ($p < 0,02$) больший отклик спектральной плотности мощности на частоте дыхания в LF-диапазоне ВСП, нежели в HF-диапазоне, у лиц с ненарушенной сократимостью миокарда. В группе со сниженной сократимостью миокарда (ФВ не более 40%) достоверный спектральный отклик на управляемое дыхание отсутствовал. Следовательно, снижение чувствительности 0,1 Гц-генерации системы управления сердцем коррелирует со степенью тяжести сердечно-сосудистой патологии. Поэтому анализ данной характеристики может быть использован с целью диагностики тяжести нарушения кровоснабжения миокарда.

Динамика плотности мощности 0,1 Гц — компоненты спектра ВСП в группе D на этапах нагрузки в условиях периодического дыхания на частоте 0,1 Гц происходила при значительных абсолютных величинах мощности компоненты. На основании этого можно говорить об относительной устойчивости к

внешним воздействиям 0,1 Гц — компоненты у здорового человека.

У людей старшей возрастной группы (группы В и С), по сравнению с молодыми испытуемыми (группа D), выявляется снижение абсолютных значений спектральной плотности мощности в покое и на всех этапах нагрузочной пробы. Это подтверждает тот факт, что с возрастом происходит снижение общей степени вариабельности сердечного ритма, в частности, LF-диапазона ее спектра. Сравнивая результаты велоэргометрических проб в группах В и С, мы обнаружили, что чувствительность 0,1 Гц-генерации спектра ВСП к внешним периодическим дыхательным возмущениям с периодом 10 секунд значимо выше в группе без нарушения сократительной функции миокарда (рис. 3 и 4), определяемой соотношением мощности данной компоненты спектра при управляемом дыхании с периодом 10 секунд к таковому при спонтанном дыхании на всех этапах нагрузочной пробы. Однако наибольший интерес представляет то, что в группе с нормальной сократительной функцией миокарда 0,1 Гц-компонента спектра ВСП характеризуется выраженной устойчивостью своей спектральной мощности к малым нагрузкам (25 Вт) (рис. 4) относительно резкого снижения ее мощности при повышении нагрузки до 25 Вт в группе с нарушенной сократительной функцией миокарда (рис. 3). При дальнейшем повышении уровня нагрузки до 50 Вт в группе с фракцией выброса более 60% отмечается значительное снижение спектральной мощности в области 0,1 Гц (рис.4), при этом отличия абсолютных значений мощности низкочастотного диапазона спектра ВСП в группах с нарушенной и ненарушенной сократительной функцией миокарда при нагрузке 50 Вт становятся незначительными. Таким образом, показатели чувствительности и устойчивости к малым нагрузкам 0,1 Гц-компоненты зависят не только от возрастных особенностей пациентов, но и от тяжести поражения сердечной функции.

Результаты проведенных исследований позволяют говорить о чувствительности и устойчивости 0,1 Гц-генерации как о важном показателе функционального состояния системы вегетативного управления сердцем. Изучая характеристики данной системы, можно косвенно оценивать функциональное состояние автономной системы регуляции сердца и определять тяжесть поражения сердца.

Выводы

1. Определение 0,1 Гц-генерации системы вегетативного управления сердцем с целью ее дальнейшего анализа должно осуществляться прямым внешним возмущением системы периодическим сигналом на частоте 0,1 Гц.
2. Устойчивость и чувствительность 0,1 Гц-гене-

рации спектра ВСР являются показателями функционального состояния системы вегетативного управления сердцем.

3. Возможно применение характеристик 0,1 Гц-генерации системы вегетативного управления сердцем для оценки тяжести поражения сердца.

Литература

1. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца - М: Изд-во «Оверлей», 2001 – 200 с.
2. De Boer R.W., Karemaker J.M., Stracker J. // Med. Biol. Eng. Comput., 1985; Vol. 23, №4, p. 352-358.
3. De Boer R.W., Karemaker J.M., Stracker J.// Med. Biol. Eng. Comput., 1985; Vol. 23, №4, p. 359-364.
4. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use// Circulation. 1996; Vol. 93, p. 1043-1065.
5. Pagani M., Lombardi F., Guzzetti S. et al. // Circ. Res. 1986; Vol. 59, p. 178-193.
6. Pagani M., Malliani A //J. Hypertens. 2000; Vol. 18, №12, p. 1709-1719.
7. Patwardhan A., Evans J., Bruce E. et al. //Integr. Physiol. Behav. Sci. 2001; Vol.36, №2, p.109-120.
8. Pitzalis M.V., Mastropasqua F., Massari F. et al. // Cardiovasc. Res. 1998; Vol.38, № 2, p. 332-339.
9. Radhakrishna K.K.A., Dutt D.N., Yeragani V.K. Autonomic Neuroscience // Basic & Clinical, 2000; Vol. 83, №3, p. 148-158.
10. Ringwood J. V., Malpas S. C. Regulatory Integrative and Comparative Physiology // Am. J. Physiol. 2001-Vol. 280, №4, p. 1105-1115.
11. Sleight P., La Rovere M. T., Mortara A. et al.// Clin. Sci. (Lond) 1995; Vol. 88, №1, p. 103-109.
12. Whittam A. M., Claytont R. H., Lord S. W. et al.//Physiol Meas. 2000; Vol.21-№2-p. 305-318.

Abstract

In volunteers of various age and with varying myocardial contractility, parameters of heart rate variability (HRV) were assessed during functional test with controlled breathing (frequency control) and bicycle stress test. HRV spectral components had different sensitivity to periodical breathing of varying frequencies, with maximal reaction to 0.1 Hz diapason and 10-second breathing period. Sensitivity level correlated with heart pathology's severity. During exercise test, density persistency of 0.1 Hz component capacity depended on myocardial contractility. Sensitivity and consistency parameters of generated 0.1 Hz component can be used in assessment of heart disease severity.

Keywords: autonomic heart regulation, parameters of heart rate variability 0.1 Hz component.

Поступила 14/10-2003