

УДК 616.43

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПАЦИЕНТОВ, СТРАДАЮЩИХ ОЖИРЕНИЕМ

Волкивская Е.Д., Добрынина И.Ю., Добрынин Ю.В., Дроздович Е.А.,
Еськов В.М., Сулейменова Р.А.

ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры», Сургут, e-mail: lyamblyamb@rambler.ru

Проведен анализ результатов вариабельности сердечного ритма пациентов, страдающих ожирением, проживающих на территориях г. Санкт-Петербурга и г. Сургута. Выявлен дисбаланс в регуляции вегетативной нервной системы, с преобладанием симпатикотонии, у пациентов с ожирением, проживающих на территории г. Сургута. Анализ вариабельности сердечного ритма, также проводился с использованием многофакторного биоинформационного анализа многомерных фазовых пространств, что определило доказательную базу интегративного индикатора качества (количественной меры) и маркеров (диагностических критериев) региональных различий нарушений нейровегетативной регуляции сердечной деятельности. На основании системного подхода выявлено уменьшение объема фазового пространства пациентов, проживающих на территории г. Сургута, что свидетельствует о сужении приспособительного потенциала пациентов. Ранжирование диагностических показателей характеристик ВРС пациентов с ожирением обеспечило выделение конечного набора идентификаторов региональных различий вегетативной регуляции ритма сердца – это Total P (mc²) VLF (mc²) LF (mc²).

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, ожирение

THE REGIONAL FEATURES OF HEART RATE VARIABILITY IN PATIENTS WITH OBESITY

Volkivskaya E.D., Dobrynina I.U., Dobrynin U.V., Drozdovich E.A.,
Eskov V.M., Suleymenova R.A.

State Educational Institution «Surgut State University, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra»,
Surgut, e-mail: lyamblyamb@rambler.ru

The analysis of the results of heart rate variability of obese patients living in St. Petersburg and the city of Surgut has been undertaken. It revealed an imbalance in the regulation of the autonomic nervous system, with a predominance of sympathicotonia, in obese patients living in the city of Surgut. The analysis of heart rate variability was also performed using the multivariate bioinformatic analysis of multidimensional phase spaces, which determined the evidence base for integrative indicator of the quality (quantitative measure) and markers (diagnostic criteria) of regional differences in the regulation of autonomic disorders of the heart. As based on a systematic approach, the analysis has revealed a decrease of phase space in patients living in the city of Surgut, which indicates a narrowing adaptive potential of the patients. Ranking the diagnostic performance characteristics of heart rate variability in patients with obesity ensured the final set of identifiers of regional differences of vegetative regulation of heart rate – Total P (mc²) (the total spectral power of heart rate variability), VLF (mc²) (the spectral power of heart rate variability in the range of ultra-low frequencies), LF (mc²) (the spectral power of heart rate variability at low frequencies).

Keywords: heart rate variability, obesity

В мире 1,7 млрд человек, или каждый четвертый житель страдает лишним весом. У 312 млн человек выраженное ожирение. Ожирение становится неинфекционной пандемией планеты. Само по себе ожирение является фактором риска множества заболеваний [3, 4, 5].

Анализ вариабельности ритма сердца (ВРС) предоставляет возможность выделить признаки дисбаланса активности симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы, определяющей степень выраженности сосудистой патологии с дифференциальной оценкой характера многофункциональных нарушений. Это позволяет более точно определить адаптивные резервы и стрессовую устойчивость индивида, выявить пациентов с высоким риском как острых, так и хронических сосудистых осложнений,

осуществлять контроль эффективности назначенной терапии.

Цель исследования – выявить основные детерминанты вариабельности ритма сердца у пациентов с ожирением, проживающих на территориях г. Сургута и г. Санкт-Петербурга, с привлечением методов системного анализа и синтеза параметров квазиаттракторов.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие всего 60 человек, больные, страдающие ожирением, г. Сургута ($n = 30$, возраст больных $41,0 \pm 12,82$ лет, ИМТ $34,06 \pm 2,01$ кг/м²), больные, страдающие ожирением, г. Санкт-Петербурга ($n = 30$, возраст больных $43,06 \pm 12,05$ лет, ИМТ $34,13 \pm 5,40$ кг/м²).

Для обработки полученных результатов использовались различные методы параметрической и непараметрической статистики. В начале статистического исследования проверялось, подчиняется ли выборка

гауссовскому (нормальному) закону распределения при помощи одновыборочного теста нормальности W Шапиро-Уилко. К данным, подчиняющимся неправильному закону распределения, применялись непараметрические методы статистического анализа. Учитывая, что распределение показателей ВРС отличается от нормального, все данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха. Интерквартильный размах указывается в виде 25 и 75% перцентилей. Критический уровень значимости (*p*) при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимался равным 0,05. Математическая обработка результатов проводилась на компьютере с использованием пакета программ STATISTICA 6.0.

Статистическая обработка данных по поведению вектора состояний ВРС в *m*-мерном пространстве состояний для больных с СД 2 типа производилась с применением новых подходов в теории хаоса и синергетики [1, 2]. Использование оригинальных зарегистрированных программ, предназначенных для использования в научных исследованиях систем с хаотической организацией, обеспечило идентификацию параметров и центров квазиаттракторов вектора состояний организма в *m*-мерном пространстве состояний, а также *расстояния Z между центрами изучаемых аттракторов*. Выделение наи-

более значимых параметров порядка производилось с использованием метода, основанного на параллельной идентификации объемов аттракторов в фазовом пространстве для пары кластеров, а затем поэтапного исключения из расчета отдельных компонент вектора состояния биологической динамической системы с одновременным анализом параметров аттракторов и сравнением существенных или несущественных изменений в параметрах аттрактора после такого исключения.

Результаты исследования и их обсуждение

При сравнительном анализе показателей вегетативной регуляции ВРС больных ожирением г. Сургута и г. Санкт-Петербурга выявлено, что у обследованных г. Сургута доминирование низкочастотной части спектра и изменения в структуре спектральных характеристик приводят к смещению вагосимпатического дисбаланса и большему доминированию симпатикотонии в сравнении с аналогичными показателями пациентов г. Санкт-Петербурга (соответственно

$$\begin{aligned} \text{LF мс}^2/\text{Гц} \text{ (ожирение, г. Сургут)} &> \text{LF мс}^2/\text{Гц} \text{ (ожирение, г. Санкт-Петербург)} \quad p_{\text{м-у3}} = 0,03; \\ \text{LF \%} \text{ (ожирение, г. Сургут)} &> \text{LF \%} \text{ (ожирение, г. Санкт-Петербург)} \quad p_{\text{м-у3}} = 0,00; \\ \text{HF \%} \text{ (ожирение, г. Сургут)} &< \text{HF \%} \text{ (ожирение, г. Санкт-Петербург)} \quad p_{\text{м-у3}} = 0,00; \\ \text{LF/HF} \text{ (ожирение, г. Сургут)} &> \text{LF/HF} \text{ (ожирение, г. Санкт-Петербург)} \quad p_{\text{м-у3}} = 0,00 \text{ (табл. 1)}. \end{aligned}$$

Таблица 1

Показатели ВРС пациентов с ожирением г. Сургута и г. Санкт-Петербурга (медиана, 75 перцентиль, 25 перцентиль)

Показатели ВРС	г. Сургут		г. Санкт-Петербург		<i>p</i>
	Ожирение <i>n</i> = 30		Ожирение <i>n</i> = 30		
VLF, мс ² /Гц	1438,00;	2771,00; 544,00	854,00;	1687,00; 478,00	<i>p</i> = 0,07
LF, мс ² /Гц	1026,00;	1745,00; 570,00	700,00;	1131,00; 322,00	<i>p</i> = 0,03
HF, мс ² /Гц	245,50;	687,00; 135,00	415,00;	701,00; 128,00	<i>p</i> = 0,68
Total P, мс ² /Гц	3201,00;	5220,00; 1619,00	2298,05;	4653,00; 976,00	<i>p</i> = 0,11
LF/HF, у.е.	2,64;	4,18; 1,56	1,49,00;	2,35; 0,92	<i>p</i> = 0,00
LF, %	72,50;	81,00; 61,00	58,50;	70,00; 47,50	<i>p</i> = 0,00
HF, %	27,50;	39,00; 19,00	41,50;	30,00; 52,50	<i>p</i> = 0,00
SDNN, мс	38,9;	46,01; 27,99	32,00;	52,00; 24,00	<i>p</i> = 0,81
СИМ Ед.	8,50;	13,00; 5,00	8,00;	12,00; 4,00	<i>p</i> = 0,72
ПАР, ед.	7,50;	11,0; 4,00	5,00;	10,00; 3,00	<i>p</i> = 0,42
R-R ср., мс	730,00;	810,00; 680,00	786,00;	884,00; 692,00	<i>p</i> = 0,28
HRV, ед.	7,00;	8,00; 5,00	6,50;	9,50; 4,60	<i>p</i> = 0,96
ИБ, ед.	79,00;	148,00; 44,0	75,00;	184,00; 37,00	<i>p</i> = 0,89

Примечания: Total P (мс²/Гц) – общая спектральная мощность колебаний ритма сердца; VLF (мс²/Гц) – спектральная мощность ВРС в диапазоне ультранизких частот; LF (мс²/Гц) – спектральная мощность ВРС в диапазоне низких частот; HF (мс²/Гц) – спектральная мощность ВРС в диапазоне высоких частот; LF/HF (у.е.) – отношение низкочастотной к высокочастотной составляющей мощности колебаний ритма сердца; LF (%) – нормализованная спектральная мощность низких частот; HF (%) – нормализованная спектральная мощность высоких частот; SDNN – среднее 5-минутное отклонение по всей записи кардиоинтервалов R-г (мс); СИМ – показатель активности симпатической вегетативной нервной системы (Ед.); ПАР – показатель активности парасимпатической вегетативной нервной системы (Ед.); R-R – длительность кардиоинтервалов (мс); HRV – триангулярный индекс – интеграл плотности распределения (общее количество кардиоинтервалов), отнесенный к максимуму плотности распределения (Ед.); ИБ – индекс напряженности регуляторных систем (Ед); *p* – U-критерий достоверности различий Манна-Уитни между группами пациентов с ожирением г. Сургута и г. Санкт-Петербурга.

Системный биоинформационный анализ и синтез диагностической значимости критериев, используемых для идентификации различий между группами, полученных с помощью 2-х подходов (детерминистско-стохастического и хаотического) показал, что использование разных методов расширяет доказательную базу для выделения маркеров региональных особенностей нарушений ВРС. Применение инновационных программных продуктов информационного анализа, базирующихся на теории хаоса и синергетики [1, 2], обеспечивает идентификацию как интегративных характеристик ВРС (объема – V_G и показателя асимметрии –

$$V_G \text{ rX}_{\text{ФПС больных ожирением г. Сургута}} < V_G \text{ и rX}_{\text{ФПС больных ожирением г. Санкт-Петербурга}}, D V_G 97,7\%, D \text{ rX} 77,43\%.$$

Учитывая результаты анализа ВРС, полученные на I этапе информационного анализа, свидетельствующие о большем доминировании симпатикотонии у боль-

рых фазового пространства состояний – ФПС), так и наиболее существенных диагностических критериев различий между группами (в терминологии медицинской кибернетики – это параметры порядка).

Объем и показатели асимметрии S13-мерного ФПС, которые характеризуют диапазон изменений всех 13 анализируемых характеристик ВРС (Total P ($\text{mc}^2/\text{Гц}$), VLF ($\text{mc}^2/\text{Гц}$), LF ($\text{mc}^2/\text{Гц}$), HF ($\text{mc}^2/\text{Гц}$), LF/HF (y.e.), LF (%), HF (%), SDNN (мс), СИМ (Ед.), ПАР (Ед.), R-R (мс), HRV (Ед.), ИВ (Ед.)) больных ожирением г. Сургута существенно ниже в сравнении с показателями больных ожирением г. Санкт-Петербурга:

ных ожирением г. Сургута (табл. 2), существенное уменьшение характеристик ФПС указывает на сужение приспособительного диапазона ВРС.

Таблица 2

Параметры S13-мерного квазиаттрактора характеристик вектора состояния ВРС больных ожирением г. Сургута и г. Санкт-Петербурга

Параметры квазиаттракторов	V_G	Группы наблюдения		Различия параметров квазиаттракторов ФПС
		Ожирение		
		г. Сургут	г. Санкт-Петербург	
		$0,22 \cdot 10^{30}$	$9,72 \cdot 10^{30}$	D97,7 %
	rX	2 100,42	9 310,29	D77,43 %

Примечания: координатами S13-мерного квазиаттрактора вектора состояния ВРС являются – Total P ($\text{mc}^2/\text{Гц}$), VLF ($\text{mc}^2/\text{Гц}$), LF ($\text{mc}^2/\text{Гц}$), HF ($\text{mc}^2/\text{Гц}$), LF/HF (y.e.), LF (%), HF (%), SDNN (мс), СИМ (y.ед.), ПАР (y.ед.), R-R (мс), HRV (y.ед.), ИВ (Ед.); V_G – объем m -мерного пространства ФПС ВРС; rX – показатель асимметрии пространства ФПС ВРС.

Ранжирование диагностических показателей характеристик ВРС пациентов с ожирением обеспечило выделение конечного набора идентификаторов региональных различий вегетативной регуляции ритма сердца – это Total P (mc^2) VLF (mc^2) LF (mc^2). Сравнительный анализ результативности применения разных биоинформационных методов показал, что в отличие от методов традиционного статистического анализа на базе детерминистско-стохастического подхода, использование инновационных методов, базирующихся на теории хаоса и синергетики оказалось более чувствительным к идентификации тех элементов функциональной системы вегетативной регуляции ритма сердечной деятельности, которые определяют различия в характеристиках и соответственно детерминируют поведение отдельных частей и элементов функциональной системы ВРС (Total P (mc^2) VLF (mc^2) LF (mc^2) (табл. 3).

Таблица 3

Ранжирование диагностических показателей характеристик ВРС пациентов с ожирением, проживающих на территориях г. Сургута и г. Санкт-Петербурга

Ожирение Сургут – Ожирение Санкт-Петербург	
13-м ФП	Z0 = 671,37
VLF, mc^2	Z1 = 647,24
LF, mc^2	Z2 = 513,62
HF, mc^2	Z3 = 651,70
LF/HF	Z4 = 671,37
Total P, mc^2	Z5 = 498,02
LF, %	Z6 = 671,21
HF, %	Z7 = 671,21
SDNN, мс	Z8 = 671,37
СИМ, ед.	Z9 = 671,37
ПАР, ед.	Z10 = 671,37
HRV, ед.	Z11 = 671,37
R-r, мс	Z12 = 671,03
ИВ, ед.	Z13 = 669,62

Примечания: Z1 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении VLF (mc^2), мс; Z2 – расстояние между цен-

трами двух квазиаттракторов при исключении LF (mc^2); Z3 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении HF (mc^2); Z4 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении LF/HF; Z5 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении Total P (mc^2); Z6 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении LF (%); Z7 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении HF (%); Z8 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении SDNN (мс); Z9 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении СИМ (Ед.); Z10 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении ПАР (Ед.); Z11 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении HRV (Ед.); Z12 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении R-г (мс); Z13 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов при исключении ИВ (Ед.).

Выводы

Использование новых биоинформационных методов, базирующихся на теории хаоса и синергетики, обеспечивает системный подход к идентификации характеристик нейровегетативной регуляции сердечной деятельности. Интегративные характеристики ВРС указывают на более выраженные нарушения вегетативной регуляции ВРС у больных ожирением г. Сургута в сравнении с аналогичными показателями больных ожирением г. Санкт-Петербурга. Идентификаторы – (маркеры) региональных различий вегетативной регуляции ритма сердца – это Total P (mc^2) VLF (mc^2) LF (mc^2).

Список литературы

1. Программа медицинской диагностики по расстоянию между фактической точкой вектора состояния организма человека и ближайшими центрами квазиаттракторов: свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ №2010613543 от 1 апреля 2010 г. / Еськов В.М., Бра-

гинский М.Я., Еськов В.В., Козлова В.В., Филатов М.А. РОСПАТЕНТ. – М., 2010.

2. Программа идентификации параметров аттракторов поведения вектора состояния биосистем в m-мерном фазовом пространстве: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2006613212 от 13 сентября 2006 г. / Еськов В.М., Брагинский М.Я., Русак С.Н., Устименко А.А., Добрынин Ю.В. РОСПАТЕНТ. – М., 2006.

3. Ожирение / под ред. И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко. – М., 2004. – 449 с.

4. Старостина Е.Г. // Ожирение и метаболизм. – 2005. – №3. – С. 18–23.

5. Эндокринология: национальное руководство / под ред. И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – С. 463–470

References

1. Eskov V.M., Braginskiy M.Y., Eskov V.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. *Programma meditsinskoj diagnostiki po rasstoyaniyu mezhdru fakticheskoj tochkoj vektora sostoyaniya organizma cheloveka i blizhaysimi tsentrami kvaziattraktorov*. The certificate on official registration of the program on the computer №2010613543 From April, 1st, 2010 ROSPATENT Moscow 2010.

2. Eskov V.M., Braginskiy M.Y., Rusak S.N., Ustimenko A.A., Dobrynin U.V. *Programma identifikatsii parametrov povedeniya vektora sostoyaniya biosistem v m-mernom fazovom prostranstve*. The certificate on official registration of the program on the computer № 2006613212 From September, 13th 2006 ROSPATENT Moscow 2006.

3. *Ozhirenie* The grant for doctors Moscow, 2006. 449 p.

4. Starostina E.G. *Ozhirenie i metabolizm*, 2005, no. 3, pp. 18–23.

5. *Endokrinologiya: natsionalnoe rukovodstvo*. Dedov I.I., Melnichenko G.A., Moscow: GEOTAR-Media. 2008. pp. 463–470

Рецензенты:

Карпин В.А., д.м.н., профессор, зав. кафедрой факультетской терапии медицинского института при ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО-Югры», г. Сургут.

Филатов М.А., д.б.н., профессор кафедры биофизики и нейрокибернетики ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО-Югры», г. Сургут.

Работа поступила в редакцию 31.01.2012.