

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ЧАСТОТ ДЫХАНИЯ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ СООТНОШЕНИЙ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

А.Л. Кулик¹, А.К. Задержин², В.И. Шульгин², А.В. Мартыненко¹, Н.И. Яблучанский¹

¹Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина

²Национальный Аэрокосмический Университет имени Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина

На 4 здоровых добровольцах в возрасте от 22 до 29 лет (2 мужчины и 2 женщины) с индексом массы тела от 21 до 23 кг/м² проведено сравнение различных методов поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания, при которой наблюдается наибольшее приближение к оптимуму соотношения звеньев variability сердечного ритма (ВСР). Поиск оптимальной частоты происходил путем перебора частот дыхания (ЧД) – возрастания и убывания с 6 до 12 дыханий в минуту и обратно, а также с использованием автоматического алгоритма. Результаты показали совпадение оптимумов, полученных при пошаговом возрастании и убывании ЧД с данными автоматического поиска, что свидетельствует о возможности алгоритмизации метода и достаточно высокой точности и надежности предложенного алгоритма.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: variability сердечного ритма, биообратная связь, частота дыхания

ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ МЕТОДИК ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЧАСТОТ ДИХАННЯ НА ОСНОВІ ВИВЧЕННЯ СПІВВІДНОШЕНЬ СПЕКТРАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

О.Л. Кулик¹, О.К. Задержин², В.И. Шульгин², О.В. Мартыненко¹, М.И. Яблучанский¹

¹Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

²Національний Аерокосмічний Університет імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Україна

На 4 здоровых добровольцах в возрасте от 22 до 29 лет (2 мужчины и 2 женщины) с индексом массы тела от 21 до 23 кг/м² проведено порівняння різних методів пошуку оптимальної частоти метрономізованого дихання, при якій спостерігається найбільше наближення до оптимуму співвідношення ланок variability серцевого ритму (ВСР). Пошук оптимальної частоти відбувався шляхом перебору частот дихання (ЧД) – зростання та спадання з 6 до 12 дихань за хвилину і назад, а також з використанням автоматичного алгоритму. Результати показали збіг оптимумів, отриманих при покроковому зростання та спадання ЧД з даними автоматичного пошуку, що свідчить про можливість алгоритмізації методу та досить високої точності і надійності запропонованого алгоритму.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: variability серцевого ритму, біофідбек, частота дихання

COMPARISON OF DIFFERENT METHODS OF OPTIMAL BREATHING FREQUENCIES DETECTION ON THE BASIS OF HEART RATE VARIABILITY SPECTRAL INDEXES' RATIOS

A.L. Kulik¹, A.K. Zaderihin², V.I. Shulgin², A.V. Martynenko¹, M.I. Iabluchanskyi¹

¹V.N. Karazin Kharkov National University, Ukraine

²National Aerospace University, named by N. E. Zhukovskii «Kharkov Aviation Institute», Ukraine

At 4 healthy volunteers in age from 22 to 29 years (2 men and 2 women) with the body mass index from 21 to 23 kg/m² the comparison of different methods of optimal frequencies of paced breathing detection, at which the greatest approximation to the optimum ratio of spectral indices of heart rate variability (HRV) was achieved were studied. Detection of optimal frequency was performed by enumeration of breathing frequency (BF) – increase and decrease from 6 to 12 breaths per minute and back, and by using automatic algorithm. The results showed the coincidence of optima obtained by stepwise increasing and decreasing of BF with data from automatic search, that indicates the possibility of method algorithmization and sufficiently high accuracy and reliability of the proposed algorithm.

KEY WORDS: HRV, biofeedback, breathing frequency

Оценка функционального состояния организма, его адаптивных резервов и работы регуляторных систем является важной проблемой в современной клинике, поскольку от этого во многом зависит состояние здоровья человека [1]. Вариабельность сердечного ритма (BCP) является мощнейшим неинвазивным методом исследования состояния регуляторных систем организма [2]. Поскольку низкие показатели BCP коррелируют с плохим прогнозом [3], возможностью нарушений ритма сердца [4] в настоящее время разрабатываются различные методики биообратной связи, направленные на повышение и нормализацию показателей BCP. Одной из самых эффективных и простых в использовании методик является метрономизированное дыхание [1, 2, 5].

Так как метрономизированное дыхание на разных частотах приводит к разным картинам BCP, подбором определенной частоты дыхания можно добиться роста мощности BCP и восстановления баланса между ее спектральными компонентами [6]. В связи с этим большое значение приобретает задача поиска наилучшего метода подбора оптимальной частоты метрономизированного дыхания.

Притом, что зависимость величины показателей BCP от частоты дыхания изучалась достаточно подробно [2, 5, 7-9], внимание исследователей направлено на изучение показателей BCP на отдельных изолированных частотах дыхания. Изучения изменения показателей BCP при различных методиках поиска оптимальной частоты дыхания не проводилось.

Исследование выполнено в рамках НИР ХНУ «Разработка и исследование системы автоматического управления вариабельностью сердечного ритма», № госрегистрации 0109U000622.

Цель исследования. Провести сравнение различных методов поиска частоты метрономизированного дыхания, при котором наблюдается наибольшее приближение к оптимуму соотношения звеньев BCP для создания эффективных техник биообратной связи в задачах повышения качества регуляторных систем человека.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 4 здоровых добровольца в возрасте от 22 до 30 лет (2 мужчины и 2 женщины), с индексом массы тела от 21 до 23 кг/м². Частота сердечных сокращений варьировала от 81 до 85 в минуту, артериальное давление находилось в диапазоне – 100/60 и 120/80 мм рт.ст.

У всех испытуемых с помощью компью-

терного диагностического комплекса «CardioLab 2009» («ХАИ-Медика») с частотой дискретизации сигнала 1000 Гц проводилось по 3 мониторинговые записи ЭКГ, в которых при помощи быстрого преобразования Фурье выделяли три типа волн: медленные (VLF) – частотой от 0,0033 до 0,05 Гц – преимущественно связаны с терморегуляцией, гуморальной (калликреинкининовая, ренин-ангиотензивная, гормональные, иные) регуляцией и симпатическим звеном вегетативной нервной системы; средние (LF) – от 0,05 до 0,15 Гц – преимущественно с симпатическим и парасимпатическими звеньями вегетативной нервной системы и быстрые (HF) – от 0,15 Гц до 0,40 Гц – преимущественно с парасимпатическим звеном вегетативной нервной системы.

Записи производились в положении сидя при различных параметрах изменения частоты дыхания (ЧД) – механическом переборе частот дыхания – возрастании и убывании с 6 до 12 дыханий в минуту и обратно и при автоматическом поиске частоты дыхания для достижения оптимума параметров BCP с помощью алгоритма биообратной управляемой связи. Продолжительность дыхания на каждой из частот составляла 1 минуту.

Алгоритм автоматического поиска частоты дыхания состоял из двух подпрограмм – 1) определение расстояния до оптимума соотношений всех звеньев BCP и 2) поиск частоты дыхания, максимально приближающей к оптимуму соотношения значений показателей звеньев BCP на основании установленных спектральных характеристик BCP. Ритм дыхания задавался и автоматически изменялся метрономом, встроенным в программу «CardioLab 2009».

На каждом минутном интервале каждой из записей определялись: общая мощность (TP, мс²) спектра BCP, мощности спектров доменов низких (VLF, мс²), средних (LF, мс²) и высоких (HF, мс²) частот, соотношение LF/HF как мера симпатовагального баланса, соотношение VLF/(LF+HF) как мера гуморально-вегетативного баланса, а также отмечалась частота дыхания, при которой регистрировалось наибольшее приближение к оптимуму равновесия звеньев BCP и проводилось сравнение между полученными оптимальными частотами дыхания на всех трех записях. Оптимальные параметры BCP определялись индивидуально, исходя из известных норм для пола и возраста, по значениям LF/HF и VLF/(LF+HF) [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице представлены значения ЧД, при которых регистрировались оптимумы

равновесия звеньев ВСР при использовании различных методов его поиска.

Как видно из таблицы, оптимальные значения ЧД зарегистрированные при пошаговом возрастании и убывании ЧД совпадают

между собой и результатами автоматического поиска, что объясняется практически одинаковыми соотношениями звеньев ВСР на одних ЧД независимо от направления их изменения.

Таблица

Значения ЧД, при которых отмечаются оптимумы равновесия звеньев ВСР

№ испытуемого	Плавное изменение ЧД		Автоматический поиск
	возрастание	убывание	
Испытуемый 1	9	9	9
Испытуемая 2	12	12	12
Испытуемый 3	9	9	9
Испытуемая 4	9	9	9

Совпадение оптимальных ЧД, полученных при использовании алгоритма автоматического поиска с оптимумами, полученными при пошаговом возрастании и убывании ЧД, свидетельствует о возможности применения алгоритмического поиска оптимальной ЧД и достаточно высокой точности и надежности предложенного алгоритма.

Притом, что подобных работ в литературе мы не нашли, полученные нами данные вкладываются в систему представлений о нейрогуморальных механизмах регуляции дыхания и кровообращения и функциональных взаимоотношениях в системе дыхательных и парасимпатических ядер ствола мозга [9, 10].

ВЫВОДЫ

1. Оптимальные частоты дыхания, полученные при пошаговом возрастании частоты дыхания у здоровых добровольцев, соответствуют полученным при ее пошаговом снижении.
2. Оптимальные частоты дыхания при автоматическом поиске совпадают с частотами, полученными при пошаговом возрастании и убывании частоты дыхания.
3. Задачи поиска оптимума частоты дыхания для достижения баланса звеньев ВСР могут быть решены использованием как однонаправленного перебора частот, так и автоматического поиска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kobayashi H. Does paced breathing improve the reproducibility of heart rate variability measurements? / H. Kobayashi // J Physiol Anthropol. – 2009. – № 28(5). – P. 225–230.
2. Fang Y. Effect of different breathing patterns on nonlinearity of heart rate variability. / Y. Fang, J.T. Sun, C. Li [et al.] // Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. – 2008. – P. 3220–3223.
3. Esler M. Reduced HRV and baroreflex sensitivity as universally applicable cardiovascular «risk factors»: waiting for the bubble to burst / M. Esler, E. Lambert // Clinical Autonomic Research – 2003. – № 13 (3). – P. 170–172.
4. Lombardi F. Chaos theory, heart rate variability, and arrhythmic mortality / F. Lombardi // Circulation – 2000. – № 101(1). – P. 8–10.
5. Lehrer P.M. Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training. / P.M. Lehrer, E. Vaschillo, B. Vaschillo // Appl Psychophysiol Biofeedback. – 2000. – № 25. – P. 177–191.
6. Частота дыхания и вариабельность сердечного ритма у здоровых добровольцев в биообратной связи / А.Л. Кулик, А.К. Задерихин, В.И. Шульгин [и др.] // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. – 2009. – № 879, вип. 18. – С. 20–24.
7. Shields R.W. Jr. Heart rate variability with deep breathing as a clinical test of cardiovagal function. / R.W. Jr. Shields // Cleve Clin J Med. – 2009. – № 76. – Suppl 2. – P. 37–40.
8. Breathing frequency bias in fractal analysis of heart rate variability. / P. Perakakis, M. Taylor, E. Martinez-Nieto [et al.] // Biol Psychol. – 2009. – № 82(1). – P. 82–88.
9. Breathing cardiovascular variability and baroreflex in mechanically ventilated patients. / A. Van de Louw, C. Medigue, Y. Papelier [et al.] // Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. – 2008. – № 295(6). – P. 1934–1940.
10. Исследуем регуляторные процессы / Н.И. Яблучанский, А.В. Мартыненко, А.С. Исаева [и др.] // – Донецк : ЧП Бугасова, 2005. – 196 с.

© Кулик О.Л., Задеріхін О.К., Шульгін В.І.,
Мартиненко О.В., Яблучанський М.І., 2010