

7. Воронков Л. Г. Нормализация ЧСС как терапевтическая задача при ХСН : проблемы и перспективы / Л. Г. Воронков // Укр. кард. журн. – 2007. – № 5. – С.55–62.
8. Сажина Е. Ю. Выраженность воспаления и эндотелиальной дисфункции при лечении ХСН у больных ИБС / Е. Ю. Сажина, И. В. Козлова, А. Л. Ребров, М. Ю. Альтулер // Клин. медицина. – 2006. – № 12. – С. 20–24.
9. Yardim-Akaydin S. The role of plasma thiol compounds and antioxidant vitamins in patients with cardiovascular diseases / Yardim-Akaydin S., Ozkan Y., Ozkan E. [et al.] // Clin. Chim. Acta. – 2003. – Vol. 338. – P. 99–105.
10. Денисов Е. Н. Влияние эндотелия и оксида азота на тонус сосудов у больных хронической сердечной недостаточностью / Е. Н. Денисов, Я. И. Коц, Р. З. Бахтияров, Н. Г. Гуманова // Тер. архив. – 2007. – № 12. – С.44–47.
11. Ребров А. П., Толстов С. Н. Клинико-диагностические значения активности цитокинов и изменения морфофункциональных параметров сердца у больных сердечно-сосудистой недостаточностью и возможные корреляции выявленных нарушений симвастатином / А. П. Ребров, С. Н. Толстов // Кардиология. – 2007. – № 5. – С. 14–18.
12. Яковлева О. О. Антиоксидантна корекція ендотеліальної дисфункції у хворих на ішемічну хворобу серця / О. О. Яковлева, Н. П. Савченко, О. В. Стопінчук // Медицина Світу. – 2004 (додаток). – С. 1–4.

УДК 612.213

КАЧЕСТВО БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ У ЗДОРОВЫХ ДОБРОВОЛЬЦЕВ В АЛГОРИТМЕ МЕТРОНОМИЗИРОВАННОГО ДЫХАНИЯ ПРИ СТАРТЕ С ВОЗРАСТНОЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ НОРМЫ

*С. А. С. Белал¹, Е. И. Линская¹, А. Л. Кулик¹, А. В. Мартыненко¹, А. К. Задерихин²,
В. И. Шульгин², Н. И. Яблучанский¹*

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

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

У 14 здоровых добровольцев в возрасте от 18 до 26 лет (5 мужчин и 9 женщин) проведено по 7 сеансов биологической обратной связи на основе алгоритма адаптивно изменяемой частоты метрономизированного дыхания под контролем параметров variability сердечного ритма (ВСР) с целью достижения ими наиболее близких к физиологическим нормам значений. Установлено, что биологическая обратная связь на основе метрономизированного дыхания и параметров ВСР позволяет влиять на регуляторные системы организма и может быть использована для их оценки и контроля. У здоровых добровольцев установлено высокое качество биологической обратной связи в терминах изменений частоты метрономизированного дыхания и реакций на него параметров ВСР.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биологическая обратная связь, метрономизированное дыхание, variability сердечного ритма, регуляторные системы

ЯКІСТЬ БІОЛОГІЧНОГО ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ У ЗДОРОВИХ ДОБРОВОЛЬЦІВ У АЛГОРИТМІ МЕТРОНОМІЗОВАНОГО ДИХАННЯ ПРИ СТАРТІ З ВІКОВОЇ ФІЗИОЛОГІЧНОЇ НОРМИ

*С. А. С. Белал¹, К. І. Лінська¹, О. Л. Кулик¹, О. В. Мартиненко¹, О. К. Задеріхін², В. І. Шульгін²,
М. І. Яблучанський¹*

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

² Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Україна

У 14 здорових добровольців віком від 18 до 26 років (5 чоловіків та 9 жінок) проведено по 7 сеансів біологічного зворотнього зв'язку на основі алгоритму адаптивного змінення частоти метрономізованого дихання під контролем параметрів variability серцевого ритму (ВСР) з метою досягнення

© Белал С. А. С., Лінська К. І., Кулик О. Л.,
Мартиненко О. В., Задеріхін О. К., Шульгін В. І.,
Яблучанський М. І., 2011

ними найбільш близьких до фізіологічних норм значень. Встановлено, що біологічний зворотній зв'язок на основі метрономізованого дихання і параметрів ВСР дозволяє впливати на регуляторні системи організму і може бути використаний для їх оцінки та контролю. У здорових добровольців встановлено високу якість біологічного зворотного зв'язку в термінах змін частоти метрономізованого дихання та реакцій на нього параметрів ВСР.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: варіабельність серцевого ритму, біологічний зворотній зв'язок, метрономізоване дихання, регуляторні системи

BIOFEEDBACK QUALITY IN HEALTHY VOLUNTEERS IN PACED BREATHING ALGORITHM STARTING FROM THE AGE PHYSIOLOGICAL NORM

S. A. Belal¹, K. I. Lynskaya¹, A. L. Kulik¹, A. V. Martynenko¹, A. K. Zaderykhin², V. I. Shulgin², N. I. Yabluchansky¹

¹ V. N. Karazin Kharkov National University, Ukraine

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

In 14 healthy volunteers aged from 18 to 26 years (5 men and 9 women) 7 sessions of biofeedback-based algorithm on the basis of adaptive variable-frequency paced breath by means heart rate variability (HRV) parameters control in order to achieve their values most close to the physiological standards. Established that biofeedback based on paced breathing and HRV parameters can influence on regulatory systems of the body and can be used for their evaluation and monitoring. In healthy volunteers the high quality of biofeedback in terms of paced breathing frequency changes and HRV parameters reactions on it was established.

KEY WORDS: heart rate variability, biofeedback, paced breathing, regulatory systems

Биологическая обратная связь (biofeedback, биофидбек) представляет собой инструмент, позволяющий индивидууму через изменения саморегуляции активно управлять своими физиологическими процессами [1–3]. Основной задачей биологической обратной связи является поиск оптимальных параметров саморегуляции, обеспечивающих улучшение физиологических процессов и, через них, ресурсов здоровья с обучением овладению этими параметрами для последующего использования в поддержании и повышении качества своей жизни [2].

Область применения биологической обратной связи достаточно широка и охватывает не только медицину (неврология, кардиология, гастроэнтерология, урология, педиатрия, гериатрия, восстановительная и превентивная медицина), но и стресс-менеджмент, спорт, педагогику и др. [3].

Помимо простых (частота сердечных сокращений, дыхание, кожная температура) в контурах биологической обратной связи используются также более сложные (электроэнцефалография, электромиография, вариабельность сердечного ритма) физиологические параметры [3].

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) является мощным методом исследования, а в контурах биологической обратной связи, и вмешательства в состояние регуляторных систем организма [1–4]. Как показано [5, 6], низкие значения параметров ВСР коррелируют с плохим прогнозом и возможностью нарушений ритма сердца. Для их оптимиза-

ции применяются различные методики биологической обратной связи, прежде всего, с использованием метрономизированного дыхания [7–9]. Как было показано [4], изменение частоты метрономизированного дыхания приводит к закономерным изменениям в параметрах ВСР, а потому поиском и предложением испытуемому в биологической обратной связи требуемой частоты дыхания можно не просто их оптимизировать, но и восстановить баланс между ними.

В контексте развития эффективных инструментов биологической обратной связи на основе технологии ВСР и управляемого дыхания актуальность приобретает задача автоматического поиска его оптимальной частоты с последующим практическим использованием. Такие исследования практически отсутствуют, ограничиваясь использованием только одной частоты метрономизированного дыхания – 6 дыханий в минуту [10, 11].

Исследование выполнено в рамках НИР ХНУ имени В. Н. Каразіна «Разработка и исследование системы автоматического управления вариабельностью сердечного ритма», № регистрации 0109U000622.

Цель исследования: оценить качество биологической обратной связи у здоровых добровольцев в алгоритме метрономизированного дыхания при старте с возрастной физиологической нормы.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Обследовано 14 здоровых добровольцев в

возрасте от 18 до 26 лет (5 мужчин и 9 женщин). Всем испытуемым с помощью компьютерного диагностического комплекса «CardioLab 2009» («ХАИ-Медика») проводились мониторинговые записи длин R-R-интервалов ЭКГ в первом стандартном отведении длительностью 7 минут; в соответствии с рекомендациями [12] частота дискретизации сигнала составляла 1000 Гц. В отличие от рекомендаций [12], использовался скользящий буфер продолжительностью в 1 минуту. В итоге было получено N одноминутных значений параметров ВСП на основании быстрого преобразования Фурье, что составило N-мерную матрицу M параметров ВСП. Предлагаемая алгоритмом частота дыхания у разных испытуемых могла варьировать от 6 до 15 дыханий в минуту.

Среди параметров ВСП оценивалась мощность медленных (V) частот от 0,0033 до 0,05 Гц, преимущественно связанных с терморегуляцией, гуморальной (каликреинкининовая, ренин-ангиотензиновая, гормональные, иные) и симпатическим звеном вегетативной нервной регуляции; мощность средних (L) частот 0,05 до 0,15 Гц, преимущественно связанных с симпатическим и парасимпатическим звеньями и мощность быстрых (H) частот от 0,15 Гц до 0,40 Гц, преимущественно связанных с парасимпатическим звеном вегетативной нервной регуляции [13, 14]. Параметры ВСП были преобразованы в двумерную координатную плоскость L/H и V/(L+H), отвечающие симпатовагальному и нейрогуморальному балансам системы регуляции.

Для начала отсчета выбирались значения физиологической нормы указанных балансов каждого испытуемого в соответствии с [13], что позволяло оценивать расстояние D между текущим и оптимальными значениями параметров ВСП человека. Для достижения оптимального состояния параметров ВСП (приближение текущих значений ВСП к физиологической норме) использовался алгоритм оптимального управления частотой дыхания испытуемого, который состоял в поиске наименьшего значения D в пространстве регуляций на заданных дискретных частотах дыхания. Использовались 2 предустановленные области аттракции частоты дыхания: в области H и L, куда, в зависимости от достигнутого значения L/H на начальном этапе, предполагалось поместить дыхательный пик.

О степени оптимизации регуляторных систем испытуемого судили по показателям оптимальности, чувствительности и эффективности биологической обратной связи

между параметрами ВСП и адаптивно изменяемой частотой метрономизированного дыхания в оптимизационном алгоритме в целом и по каждой из координат его фазового пространства.

Оптимальность, как мера удаленности системы в целом и каждой из ветвей регуляции от оптимального состояния за весь период теста состояний параметров ВСП испытуемого в биологической обратной связи, вычислялась по формуле:

$$O^i = 2\pi R_{opt}^2 - \int M^i dr$$

Здесь R_{opt} – радиус оптимальной зоны; под M^i подразумевается: для характеристики всего процесса – величины дистанции от текущих за весь период теста состояний параметров ВСП испытуемого до их оптимальных значений; для характеристики каждой из координат фазовой плоскости (L/H и V/(L+H)) – величины дистанций в проекции на каждую из координат соответственно; i – есть, соответственно D, L/H и V/(L+H). Величина O может принимать отрицательные (степень удаленности от оптимальной зоны) и положительные (нахождение системы в целом или ее проекций на координаты в оптимальной зоне) значения.

Чувствительность (S), как мера восприимчивости системы в целом и в каждой из ветвей регуляции к метрономизированному дыханию, вычислялась по формуле:

$$S_i = -\ln\left(\frac{\min(M^i)}{\max(M^i)}\right)$$

Здесь под M^i подразумевается: для характеристики всего процесса – величины дистанции от текущих за весь период теста состояний параметров ВСП испытуемого до их оптимальных значений; для характеристики каждой из координат фазовой плоскости (L/H и V/(L+H)) – величины дистанций в проекции на каждую из координат соответственно. Величина S характеризуется положительным числом с минимальным значением равным 0, которое означает отсутствие чувствительности к метрономизированному дыханию.

Эффективность (E) оценивали по степени приближения параметров ВСП к физиологически оптимальному состоянию за время выполнения алгоритма оптимального биообратного управления в соответствии с формулой:

$$E_i = 1 - \frac{\min(M^i)}{M_0^i}$$

Здесь M^i – расстояние текущих значений параметров ВСП до уровня оптимальных значений, соответственно, по всему про-

странству оптимізації (расстояние D) и по координатным проекциям (расстояние L / H и расстояние V / (L + H)); M₀ – начальное расстояние (момент начала старта процесса оптимізації). E изменяется в диапазоне от 0 (отсутствие продвижения в оптимальном направлении, неэффективность) до 1 (полное достижение оптимального уровня значений), соответственно, в целом и координатных проекциях. Оценка E в координатных проекциях позволяет судить об эффективности оптимізації по степени влияния на симпатовагальную и нейрогуморальную ветви регуляции.

Для удобства отображения связи процесса оптимізації с оптимальной зоной все результаты отображались в полярной системе координат (начало системы – 3 часа; движение против часовой стрелки). Каждый сегмент координатной сетки соответствует 1 минуте.

Интегральный показатель «индекс качества биообратной связи (Biofeedback Quality Index – BQI)», охватывающий все измерения качества процесса биообратной связи, вычислялся по формуле:

$$BQI = \text{sign}(E) \left| \frac{-O + 2\pi R_{opt}^2}{S} \right|^E$$

Здесь функция sign(E) принимает значение 1 для любого положительного E (наличие успешной биообратной связи) и значение 0 при E = 0 (отсутствие биообратной связи). Индекс BQI стремится в пределе к 1 при повышении эффективности биообратной связи и, при ухудшении, – удаляется от 1. Расчет BQI проводился по всем испытуемым отдельно для каждого из выполненных 7 сеансов биологической обратной связи.

Статистическая обработка результатов по каждому обследуемому проводилась в программе «Microsoft Excel 2003». В таблицы заносились данные средних значений (m) и стандартных отклонений (sd) параметров O, S, E для показателей D, L / H и V / (L + H) по всем записям каждого испытуемого.

Все записи, в зависимости от значения ED, были разделены на две группы: с эффективным и неэффективным использованием метрономизированного дыхания.

Достоверность различий определялась при помощи U-критерия Манна-Уитни.

В программе STATISTICA 9.0 с помощью кластерного анализа осуществлено разделение записей на три класса удаленности от зоны физиологических нормативов по показателю OD: сильно удаленные, удаленные и малоудаленные.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены средние значения O, S, E для D, L / H и V / (L + H) по каждому испытуемому.

Значения O^D варьировали от –10,48 до –0,91 (среднее –5,94 ± 3,46) и находились в зоне физиологических нормативов. Их изменения достигались преимущественно за счет значений O^{L/H}, варьировавших от –277,99 до –2,31 (среднее –64,06 ± 74,85). Размах варьирования значений O^{V/(L+H)} был значительно меньше – от –3,48 до –0,96 (среднее –2,41 ± 0,71) и, таким образом, они менее влияли на изменения O^D.

Значения S^D варьировали от 0,65 до 1,79 (среднее 1,25 ± 0,31) и демонстрировали невысокую восприимчивость системы регуляции к метрономизированному дыханию. Их изменения, как и O^D, также достигались преимущественно за счет S^{L/H}, варьировавших от 6,56 до 7,78 (среднее 7,20 ± 0,48). Размах варьирования значений S^{V/(L+H)} был значительно меньше – от 0,12 до 4,59 (среднее 1,67 ± 1,39).

Значения E^D варьировали от 0,11 до 0,54 (среднее 0,26 ± 0,13) и находились в зоне физиологических нормативов. Их изменения достигались преимущественно за счет E^{L/H}, варьировавших от 0,90 до 1,00 (среднее 0,98 ± 0,02). Размах варьирования значений E^{V/(L+H)} был, как и в случаях O^D и S^D, значительно меньше – от 0,06 до 0,82 (среднее 0,41 ± 0,23). Средние значения O, S, E показателей D, L / H и V / (L + H) в группах записей с отсутствием реакции (E^D = 0) и изменением параметров ВСР в сторону зоны физиологических нормативов (E^D ≠ 0) при выполнении алгоритма биообратного управления представлены в табл. 2.

При сравнении групп записей с отсутствием (E^D = 0) и изменением параметров ВСР в сторону зоны физиологических нормативов (E^D ≠ 0) в первой из них (E^D = 0) отмечались более низкие значения O^D (–6,32 ± 5,15 против –5,89 ± 5,46) и O^{V/(L+H)} (–2,8 ± 0,6 против –2,18 ± 1,04) при более высоких значениях O^{L/H} (–24,69 ± 40,51 против –79,74 ± 151,1). В группе E^D = 0 по сравнению с группой E^D ≠ 0 значения S^D (1,05 ± 0,39 против 1,35 ± 0,67) и S^{L/H} (6,89 ± 1,14 против 7,32 ± 1,37) были незначительно, а значения S^{V/(L+H)} (0,59 ± 1,27 против 2,19 ± 2,54) – значительно ниже. В группе E^D = 0 по сравнению с группой E^D ≠ 0 значения E^{L/H} были практически одинаковы (0,99 ± 0,01 против 0,98 ± 0,07), а значения E^{V/(L+H)} –

значительно ниже ($0,18 \pm 0,28$ против $0,52 \pm 0,38$).

Средние значения O, S и E показателей D, L/H и V/(L+H) в разных классах удаленности от зоны физиологических нормативов по показателю O^D представлены в табл. 3.

В классе сильно удаленных записей отмечались наиболее низкие значения O^{L/H}

($-352,82 \pm 266,80$) по сравнению с классами удаленных ($-65,69 \pm 44,37$) и малоудаленных ($-10,17 \pm 10,82$) записей. Значения O^{V/(L+H)} в классах сильно удаленных ($-2,48 \pm 0,81$) и удаленных ($-2,55 \pm 0,94$) записей практически не отличались между собой, а в классе малоудаленных записей были незначительно выше ($-2,12 \pm 1,03$).

Таблица 1

Средние значения O, S, E показателей D, L / H и V / (L + H), (m ± sd)

№, пол, возраст испытуемого	Показатели								
	OD	SD	ED	OL/H	SL/H	EL/H	OV / (L + H)	SV / (L + H)	EV / (L + H)
1, м., 23	-0,91 ± 2,24	1,37 ± 0,49	0,31 ± 0,24	-13,31 ± 12,33	6,90 ± 2,59	0,90 ± 0,24	-0,96 ± 1,46	4,59 ± 2,85	0,82 ± 0,31
2, ж., 20	-10,48 ± 8,48	1,79 ± 0,97	0,54 ± 0,29	-277,99 ± 288,52	7,60 ± 0,93	0,98 ± 0,02	-1,62 ± 0,99	2,53 ± 2,63	0,65 ± 0,28
3, м., 26	-2,83 ± 2,37	1,26 ± 0,75	0,31 ± 0,28	-17,38 ± 15,86	6,97 ± 1,43	0,99 ± 0,01	-2,29 ± 0,89	3,02 ± 2,51	0,65 ± 0,43
4, м., 21	-5,93 ± 3,51	0,92 ± 0,32	0,12 ± 0,14	-27,75 ± 20,10	6,56 ± 1,32	0,97 ± 0,03	-2,73 ± 0,52	0,42 ± 0,29	0,25 ± 0,17
5, ж., 20	-1,65 ± 2,80	1,48 ± 0,73	0,46 ± 0,30	-14,81 ± 18,47	7,19 ± 1,10	0,99 ± 0,01	-1,35 ± 0,65	3,63 ± 2,70	0,76 ± 0,34
6, ж., 20	-9,23 ± 2,18	1,16 ± 0,15	0,11 ± 0,10	-62,34 ± 51,55	6,89 ± 1,08	0,99 ± 0,01	-3,07 ± 0,43	0,56 ± 0,86	0,26 ± 0,32
7, м., 22	-9,38 ± 4,24	1,24 ± 0,28	0,12 ± 0,18	-79,62 ± 71,31	7,53 ± 1,34	0,99 ± 0,01	-2,85 ± 0,58	0,65 ± 1,13	0,22 ± 0,29
8, ж., 20	-1,24 ± 1,51	0,90 ± 0,36	0,26 ± 0,19	-6,03 ± 10,35	7,36 ± 1,50	0,99 ± 0,01	-2,19 ± 0,74	1,88 ± 3,16	0,39 ± 0,37
9, ж., 20	-6,54 ± 4,54	1,34 ± 0,83	0,28 ± 0,28	-73,62 ± 101,20	7,64 ± 1,44	0,99 ± 0,01	-2,33 ± 1,02	1,47 ± 1,91	0,48 ± 0,30
10, ж., 20	-9,25 ± 6,06	1,28 ± 0,26	0,23 ± 0,27	-45,55 ± 41,06	7,78 ± 1,15	0,99 ± 0,00	-2,94 ± 0,81	0,41 ± 0,43	0,25 ± 0,23
11, ж., 20	-9,46 ± 4,44	1,57 ± 0,76	0,30 ± 0,35	-67,48 ± 45,28	6,34 ± 0,62	0,98 ± 0,01	-2,63 ± 0,61	1,83 ± 2,37	0,44 ± 0,49
12, м., 20	-6,36 ± 3,10	1,62 ± 0,71	0,29 ± 0,31	-43,26 ± 43,45	7,78 ± 0,68	0,99 ± 0,01	-2,18 ± 0,55	2,08 ± 2,67	0,42 ± 0,47
13, ж., 23	-7,32 ± 8,19	0,96 ± 0,42	0,21 ± 0,12	-165,41 ± 335,91	7,62 ± 1,20	1,00 ± 0,00	-3,48 ± 0,26	0,12 ± 0,05	0,06 ± 0,05
14, ж., 18	-2,54 ± 2,24	0,65 ± 0,27	0,11 ± 0,10	-2,31 ± 3,10	6,70 ± 1,30	1,00 ± 0,01	-3,06 ± 0,09	0,15 ± 0,03	0,13 ± 0,03
Средние для всех испытуемых	-5,94 ± 3,46	1,25 ± 0,31	0,26 ± 0,13	-64,06 ± 74,85	7,20 ± 0,48	0,98 ± 0,02	-2,41 ± 0,71	1,67 ± 1,39	0,41 ± 0,23

Таблица 2

Средние значения O, S, E показателей D, L / H и V / (L + H) в группах записей с отсутствием (E^D = 0) и наличием (E^D ≠ 0) приближения параметров ВСР к физиологически оптимальному состоянию, (m ± sd)

Группы	Показатели								
	O ^D	S ^D	E ^D	O ^{L/H}	S ^{L/H}	E ^{L/H}	O ^{V/(L+H)}	S ^{V/(L+H)}	E ^{V/(L+H)}
E ^D = 0 (n = 24)	-6,32 ± 5,15	1,05 ± 0,39	0 ± 0	-24,69 ± 40,51	6,89 ± 1,14	0,99 ± 0,01	-2,8 ± 0,6	0,59 ± 1,27	0,18 ± 0,28
E ^D ≠ 0 (n = 74)	-5,89 ± 5,46	1,35 ± 0,67	0,35 ± 0,25	-79,74 ± 151,1	7,32 ± 1,37	0,98 ± 0,07	-2,18 ± 1,04	2,19 ± 2,54	0,52 ± 0,38

Средние значения O , S , и E показателей D , L/H и $V/(L+H)$ в разных классах удаленности от зоны физиологических нормативов по показателю O^D , ($m \pm sd$)

Классы удаленности от зоны физиологических нормативов	Показатели								
	O^D	S^D	E^D	$O^{L/H}$	$S^{L/H}$	$E^{L/H}$	$O^{V/(L+H)}$	$S^{V/(L+H)}$	$E^{V/(L+H)}$
<i>Сильно удаленные</i>	$-16,82 \pm 2,73^{*,\dagger}$	$1,71 \pm 0,61$	$0,28 \pm 0,31$	$-352,82 \pm 266,80^{*,\dagger}$	$7,91 \pm 0,82$	$0,98 \pm 0,02$	$-2,48 \pm 0,81$	$1,46 \pm 2,06$	$0,42 \pm 0,38$
<i>Удаленные</i>	$-8,77 \pm 2,02^\dagger$	$1,40 \pm 0,64$	$0,23 \pm 0,25$	$-65,69 \pm 44,37^\dagger$	$7,12 \pm 1,28$	$0,98 \pm 0,01$	$-2,55 \pm 0,94^\dagger$	$1,34 \pm 1,93$	$0,38 \pm 0,36$
<i>Малоудаленные</i>	$-1,89 \pm 1,97^*$	$1,12 \pm 0,58$	$0,30 \pm 0,26$	$-10,17 \pm 10,82$	$7,17 \pm 1,41$	$0,98 \pm 0,08$	$-2,12 \pm 1,03$	$2,26 \pm 2,71$	$0,50 \pm 0,40$

Примечание:

* – различия по данному показателю достоверны между этим классом удаленности от зоны физиологических нормативов и классом удаленных записей ($p < 0,01$);

† – различия по данному показателю достоверны между этим классом удаленности от зоны физиологических нормативов и классом малоудаленных записей ($p < 0,01$).

Наиболее высокие значения S^D отмечались в сильно удаленном классе ($1,71 \pm 0,61$), средние – в удаленном ($1,40 \pm 0,64$) и наиболее низкие – в малоудаленном ($1,12 \pm 0,58$) классах. Наиболее высокие значения $S^{L/H}$ также отмечались в сильно удаленном классе ($7,91 \pm 0,82$), а в удаленном ($7,12 \pm 1,28$) и малоудаленном ($7,17 \pm 1,41$) классах практически не отличались между собой. В то же время большие значения $S^{V/(L+H)}$ отмечались в малоудаленном классе ($2,26 \pm 2,71$), а меньшие – в сильно удаленном ($1,46 \pm 2,06$) и удаленном ($1,34 \pm 1,93$) классах.

Более высокие значения E^D отмечались в малоудаленном ($0,30 \pm 0,26$) и сильно удаленном ($0,28 \pm 0,31$) классах и менее высокие – в удаленном классе ($0,23 \pm 0,25$). Значения $E^{L/H}$ во всех классах были одинаковыми $0,98 \pm 0,02$ – в сильно удаленном,

$0,98 \pm 0,01$ – в удаленном и $0,98 \pm 0,08$ – в малоудаленном классах. В то же время большие значения $E^{V/(L+H)}$ отмечались в малоудаленном классе ($0,50 \pm 0,40$) и меньшие – в сильно удаленном ($0,42 \pm 0,38$) и удаленном ($0,38 \pm 0,36$) классах.

Представленные результаты поясняются тремя примерами (рис. 1–3), на которых представлены графики изменения показателей дистанции, симпатовагального (L/H) и гуморальновегетативного ($V/(L+H)$) баланса (а, b и c, соответственно) вслед за изменением частоты метрономизированного дыхания. Пунктирная линия ограничивает область оптимальных значений соответствующего показателя.

Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по дистанции (рис. 1).

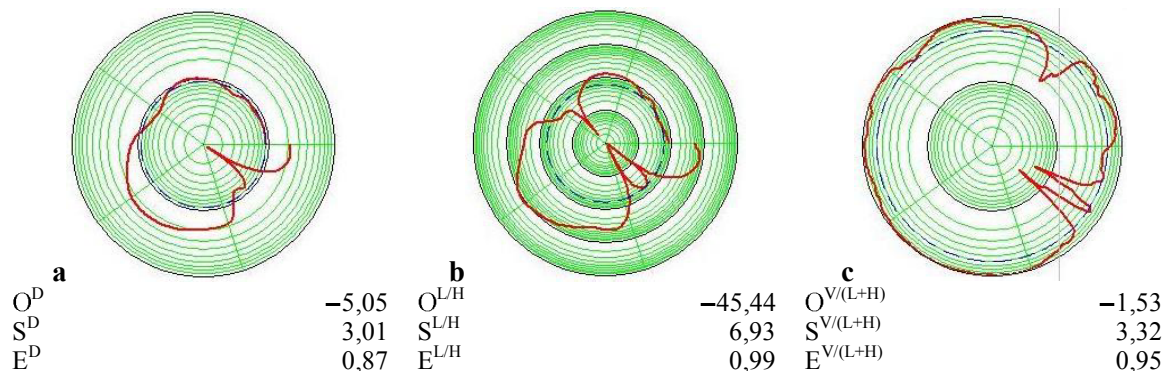


Рис. 1. Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по дистанции

Испытуемая 5, (ж., 20 лет). применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием – 0,87, достигается за счет высокой эффективности адаптивной регуляции симпатовагального баланса L/H – 0,99 и гуморальновегетативного баланса $V/(L+H)$ – 0,95. Это происходит благодаря высокой чувствительности обеих ветвей регуляции: 6,93 и 3,32 (для симпатовагальной и гуморальновегетативной регуляции соответственно). Следует отметить высокую, компенсируемую удаленность от оптимального состояния в ветви симпатовагальной (L/H) – ($-45,44$) и малую удаленность в гуморальновегетативной ($V/(L+H)$) регуляции – ($-1,53$).

Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по (L / H) (рис. 2).

Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по V / (L + H) (рис. 3).

На рис. 4 представлены изменения BQI по всем испытуемым на 7 сеансах биологической обратной связи. Нетрудно видеть наблюдаемое с увеличением номера сеанса снижение значений BQI, что свидетельствует об эффекте тренировки системы регуляции при многократном повторении сеансов биобратной связи и ее положительного влияния на регуляторные системы.

При существовании разных методов

реализации алгоритма биологической обратной связи в исследовании и контроле физиологических систем регулирования человека, в том числе основанных на управлении частотой метрономизированного дыхания по реакциям на него параметров ВСП [1–3, 8, 9], мы не нашли публикаций, в которых бы оценивались его механизмы.

Наше исследование показало высокую эффективность биологической обратной связи при управлении частотой метрономизированного дыхания по реакциям на него параметров ВСП в выводе его на уровень значений, выводящих эти параметры в зону физиологических нормативов.

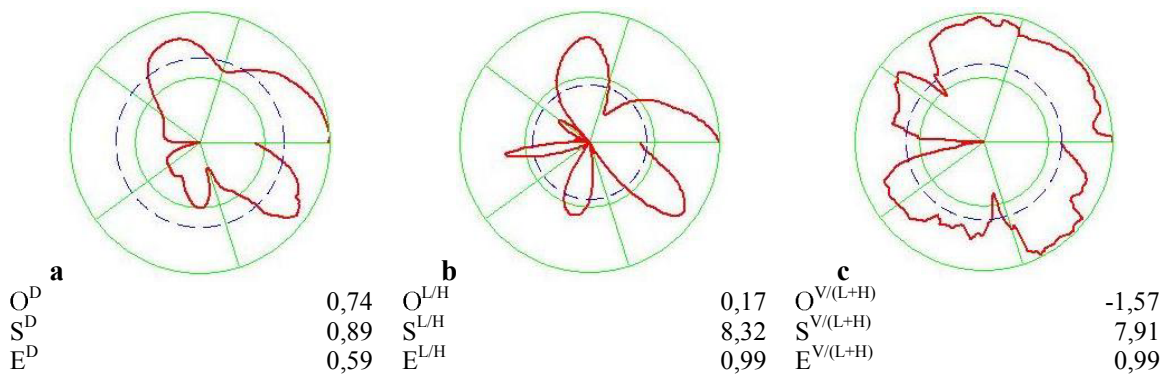


Рис. 2. Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по (L / H)

Испытуемая 8, (ж., 20 лет). применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием – 0,59, достигается за счет высокой эффективности обеих ветвей регуляции – 0,99. Это происходит благодаря высокой чувствительности обеих ветвей регуляции: 8,32 и 7,91 (для симпатовагальной и гуморальновегетативной регуляции соответственно). Следует отметить компенсиремую удаленность от оптимального состояния в ветви гуморальновегетативной (V/(L+H)) регуляции – (-1,57). Ветвь симпатовагальной (L / H) регуляции находится в субоптимальном состоянии – 0,17.

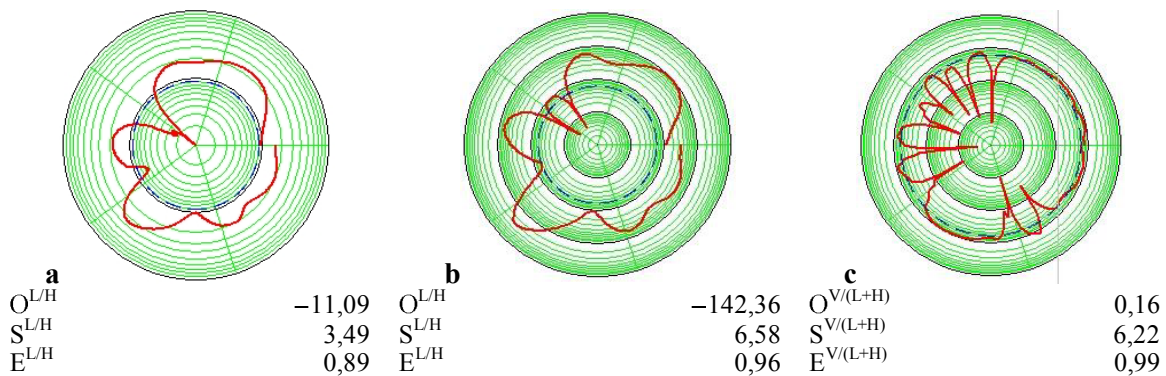


Рис. 3. Пример хорошей эффективности биологической обратной связи по V / (L + H)

Испытуемая 2, (ж., 20 лет). применение биологической обратной связи успешное. Эффективность алгоритма управления метрономизированным дыханием – 0,89, достигается за счет высокой эффективности обеих ветвей регуляции: L / H – 0,96 и V / (L + H) – 0,99. Это происходит благодаря высокой чувствительности обеих ветвей регуляции: 6,58 и 6,22 (для симпатовагальной и гуморальновегетативной регуляции соответственно). Следует отметить сильную некомпенсиремую удаленность от оптимального состояния в ветви симпатовагальной (L / F) регуляции – (-142,36). Ветвь гуморальновегетативной (V / (L + H)) регуляции находится в субоптимальном состоянии – 0,16.

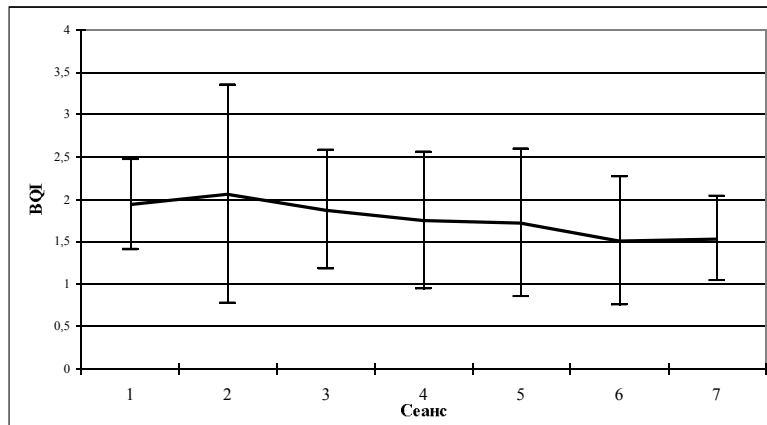


Рис. 4. Изменения ВQI по всем испытуемым на 7 сеансах биологической обратной связи

Качество этого процесса в соответствии с нашими данными может быть оценено по совокупности параметров O , S , E , как по расстоянию системы от зоны физиологических нормативов в целом, так и в проекциях на координатные плоскости L/H и $V/(L+H)$. При этом более важной в алгоритме биологической обратной связи является L/H в сравнении с $V/(L+H)$.

Сравнение результатов по совокупности предложенных индексов показывает также, что в практических целях целесообразным является использование интегрального показателя ВQI. Его снижение в 7 сеансах по группе испытуемых показывает положительное влияние биологической обратной связи на состояние их регуляторных систем.

В соответствии с полученными данными, ключевым в биологической обратной связи при управлении частотой метрономизированного дыхания по реакциям на него параметров ВСР является вегетативный баланс в единстве его симпатической и парасимпатической ветвей.

У большинства здоровых добровольцев биологическая обратная связь в терминах изменений частоты метрономизированного дыхания и реакций на него параметров ВСР характеризуется высокой адаптивностью и изначально находится в пределах или на небольшом удалении от зоны физиологических нормативов.

ВЫВОДЫ

1. Биологическая обратная связь, на основе метрономизированного дыхания и параметров ВСР, позволяет влиять на регуляторные системы организма и может быть использована в их оценке и контроле.

2. В качестве критериев оценки состояния и контроля регуляторных систем в биологической обратной связи на основе метрономизированного дыхания и параметров ВСР могут быть использованы параметры O , S , E , как по их расстоянию от зоны физиологических нормативов в целом, так и в проекциях на координатные плоскости L/H и $V/(L+H)$, а также интегральный показатель ВQI.

3. В практических целях вместо совокупности параметров O , S , E целесообразно использовать интегральный показатель ВQI, который позволяет выявить эффект тренировки системы регуляции при многократном повторении сеансов биообратной связи и ее положительного влияния на регуляторные системы.

4. У здоровых добровольцев биологическая обратная связь в терминах изменений частоты метрономизированного дыхания и реакций на него параметров ВСР характеризуется высокой адаптивностью и находится близко к зоне физиологических нормативов.

ЛИТЕРАТУРА

1. McKee M. G. Biofeedback: an overview in the context of heart-brain medicine / M. G. McKee // *Cleve Clin J Med.* – 2008. – № 75(suppl 2). – P. 31–34.
2. Handbook of Mind-Body Medicine for Primary Care / [Moss D., McGrady A., Davies T.C., Wickramasekera I.]. – London: Sage Publications; 2003. – 576 p.
3. Schwartz MS, Andrasik F. Biofeedback: A Practitioner's Guide. 3rd ed. / MS Schwartz, F Andrasik. New York, NY : Guilford Press; 2003.
4. Кулик А. Л. Частота дыхания и вариабельность сердечного ритма у здоровых добровольцев в биообратной связи / А. Л. Кулик, А. К. Задержихин, В. И. Шульгин, Н. И. Яблчанский // *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна.* – 2009. – № 879. – С. 20–24.
5. 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.
6. Lombardi F. Chaos theory, heart rate variability, and arrhythmic mortality / *Circulation* – 2000. – № 101 (1). – P. 8–10.
 7. Kobayashi H. Does paced breathing improve the reproducibility of heart rate variability measurements? / H. Kobayashi // *J Physiol Anthropol*. – 2009. – № 28 (5). – P. 225–30.
 8. 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. 3220–3.
 9. 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. 177–91.
 10. Perakakis P. 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.
 11. Van de Louw A. 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.
 12. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // *Eur Heart J*. – 1996. – № 17 (3). – P. 354–81.
 13. Яблучанский Н. И. Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу [Електронний ресурс] / Н. И. Яблучанский, А. В. Мартыненко // Режим доступу: <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/1462>
 14. Yabluchansky N. The heart rate variability (HRV) Point: Counterpoint discussion raises a whole range of questions, and our attention has also been attracted by the topic. / N. Yabluchansky, A. Kulik, A. Martynenko // *J Appl Physiol*. – 2007. – № 102. – P. 1715.

УДК: 616.329-002.2:616.36

РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ ПОШИРЕНOSTІ ТА ЗАХВОРЮВАНOSTІ НА ПЕПТИЧНУ ВИРАЗКУ ДВНАДЦЯТИПАЛОЇ КИШКИ І ТЕНДЕНЦІЯ ЇХ РОЗВИТКУ В ХАРКІВСЬКІЙ ТА ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТЯХ

Н. Г. Гравіровська¹, О. І. Залюбовська²

¹ ДУ «Інститут гастроентерології АМН України», Україна

² Харківський національний медичний університет, Україна

При вивченні регіональних показників поширеності та захворюваності на пептичну виразку (ПВ) дванадцятипалої кишки (ДПК) у Харківській та Дніпропетровській областях та тенденції їх розвитку встановлені високі темпи приросту поширеності ПВ як в Україні, так і досліджених областях. Встановлено регіональне домінування темпу приросту показника захворюваності на ПВ у Харківській області, який перевищує аналогічний показник по країні на 87,0 % при максимальному прирості у 2004 р. – на 63,6 %. Зменшення кількості випадків вперше встановлених діагнозів ПВ у наступні роки обумовлено не тільки більш ефективними лікувальними технологіями, а й недостатністю діагностичних можливостей медичної служби, недосконалістю ведення хворих на диспансерному етапі спостереження, що приводить до зростання тяжких ускладнень та необхідності екстрених оперативних втручань

КЛЮЧОВІ СЛОВА: пептична виразка, поширеність, захворюваність, регіональні особливості

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСПОСТРАНЕННОСТИ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ПЕПТИЧЕСКОЙ ЯЗВОЙ ДВНАДЦАТИПЕРСНОЙ КИШКИ И ТЕНДЕНЦИЯ ИХ РАЗВИТИЯ В ХАРЬКОВСКОЙ И ДНЕПРОПЕТРОВСКОЙ ОБЛАСТЯХ

Н. Г. Гравировская¹, Е. И. Залюбовская²

¹ ГУ «Институт гастроэнтерологии АМН Украины», Украина

² Харьковский национальный медицинский университет, Украина

При изучении региональных показателей распространенности и заболеваемости пептической язвой двенадцатиперстной кишки в Харьковской и Днепропетровской областях и тенденции их развития

© Гравіровська Н. Г., Залюбовська О. І., 2011