

## ТЕРАПІЯ

УДК 612.213

*С.А.С. Белал, А.Л. Кулик, А.В. Мартыненко, Н.И. Яблучанский*  
*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина*

**ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ  
У ЗДОРОВЫХ ДОБРОВОЛЬЦЕВ В АЛГОРИТМЕ  
МЕТРОНОМИЗИРОВАННОГО ДЫХАНИЯ ПОД КОНТРОЛЕМ  
ПАРАМЕТРОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА**

Одиннадцати здоровым добровольцам (8 женщинам и 3 мужчинам) в возрасте от 20 до 27 лет было проведено 2 серии биологической обратной связи по 7 сеансов в каждой с временным интервалом в 3 месяца для изучения ее воспроизводимости в алгоритме метрономизированного дыхания под контролем параметров variability сердечного ритма. Установлено, что биофидбек на основе предложенного алгоритма воспроизводим как по группе в целом, так и у каждого здорового добровольца индивидуально, что позволяет находить для каждого испытуемого свои параметры метрономизированного дыхания, которым он может следовать для улучшения состояния систем регуляции в дальнейшем без специального оборудования.

**Ключевые слова:** биологическая обратная связь, метрономизированное дыхание, variability сердечного ритма, регуляторные системы.

Биологическая обратная связь (биофидбек) изучается с 60-х гг. XX в. как средство лечения и профилактики заболеваний сердечно-сосудистой, пищеварительной, нервной и других систем [1, 2]. В последние годы интерес к ней возрос благодаря появлению компактных устройств и программного обеспечения для реализации процедуры в различных сферах деятельности (медицина, большой спорт, стресс-менеджмент и т. д.) [2].

В работах [3, 4] мы подтвердили эффективность биофидбека в контуре метрономизированного дыхания, а в [4] показали, что лучшей его реализацией является алгоритм, стартующий со свободного дыхания под контролем параметров variability сердечного ритма (ВСР).

Целью настоящей работы стало исследование воспроизводимости биологической

обратной связи у здоровых добровольцев в алгоритме метрономизированного дыхания под контролем параметров ВСР. Был выбран алгоритм поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания при старте со свободного дыхания как более эффективный [4].

**Объект и методы.** Одиннадцати здоровым добровольцам (8 женщинам и 3 мужчинам) в возрасте от 20 до 27 лет было проведено 2 серии по 7 сеансов биофидбека в каждой с временным интервалом в 3 месяца между ними (первая серия — май 2011 г., вторая — сентябрь 2011 г.).

Состояние регуляторных систем организма оценивали на основании параметров ВСР, полученных при записи ЭКГ в I стандартном отведении с помощью компьютерного диагностического комплекса «CardioLab 2009»

© С.А.С. Белал, А.Л. Кулик, А.В. Мартыненко, Н.И. Яблучанский, 2012

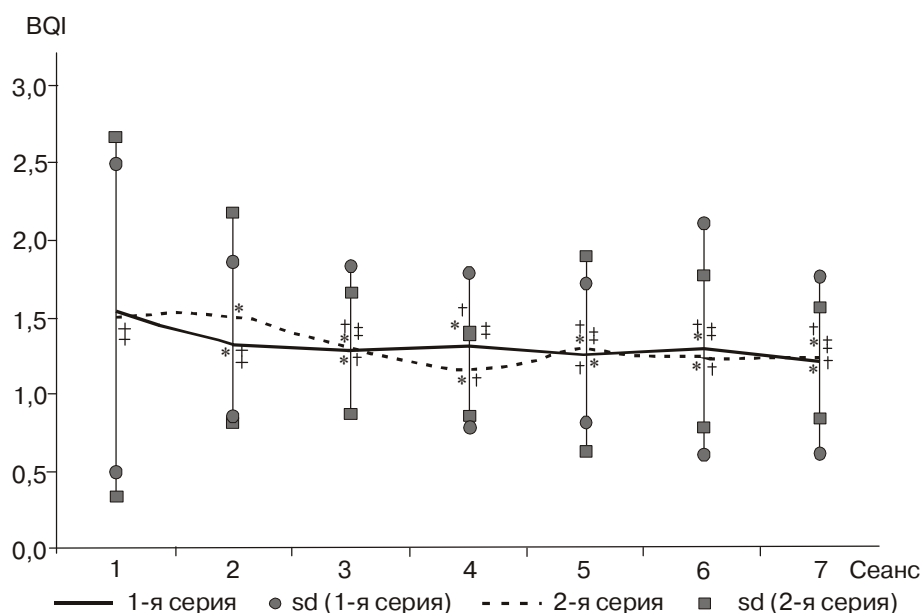
(«ХАИ-Медика»), частота дискретизации сигнала составляла 1 кГц, продолжительность скользящего буфера — 1 минута, длительность записи — 7 минут [3]. Частоту дыхания задавали встроенным программным модулем «Biofeedback», который автоматически анализировал параметры ВСП и при необходимости перемещал дыхательный пик в другую область аттракции.

С помощью быстрого преобразования Фурье все записи были разделены на одноминутные интервалы, в которых оценивали мощность медленных (V) — до 0,05 Гц, средних (L) — 0,05–0,15 Гц и быстрых (H) — больше 0,15 Гц частот [5, 6]. Полученные параметры ВСП преобразовывали в двумерную координатную плоскость с осями L/H и V/(L+H), отвечающими симпатовагальному и нейрогуморальному балансам регуляции.

тегрального показателя BQI [3]. Значения O, S, E для показателей D, L/H и V/(L+H) рассчитывали с помощью программы MathCAD 15.

Статистическую обработку результатов по каждому испытуемому проводили в программе Microsoft Excel 2003. В таблицы заносили данные средних значений (M) и стандартных отклонений (sd) O, S, E для показателей D, L/H и V/(L+H) по всем записям каждого испытуемого. Достоверность различий BQI между первой и второй сериями определяли с помощью U-критерия Манна–Уитни, в каждой из серий в динамике — с помощью T-критерия Уилкоксона.

**Результаты и их обсуждение.** Изменения BQI по всем испытуемым 1-й и 2-й серий за 7 сеансов биофидбека представлены на рисунке.



Изменения BQI по всем испытуемым на 7 сеансах биофидбека 1-й и 2-й серий при старте алгоритмов поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания со свободного дыхания:  $p > 0,05$ : \* на сеансах 1-й и 2-й серий против исходных значений; † на соседних сеансах 1-й и 2-й серий; ‡ между 1-й и 2-й сериями на текущем сеансе

Началом отсчета служили значения физиологической нормы указанных балансов каждого испытуемого в соответствии с данными [5], что позволяло оценивать расстояние D между текущим и оптимальными значениями параметров ВСП человека.

Качество биофидбека оценивали на основании значений оптимальности (O), чувствительности (S), эффективности (E) и ин-

Подтверждением воспроизводимости биофидбека служат практически одинаковые значения BQI на 1, 3, 5 и 7-м его сеансах и отсутствие достоверных статистических различий на 2, 4 и 6-м сеансах между сериями.

Оценку воспроизводимости биофидбека по каждому испытуемому можно получить из данных в таблице, в которую занесены

Средние значения *O*, *S*, *E* показателей *D*, *L/H* и

№ испытуемого, пол, возраст (лет)	Серия	D		
		O	S	E
1, жен., 20	1-я	5,08±13,80	1,17±0,35	0,22±0,23
	2-я	-16,52±13,08	1,26±0,54	0,06±0,16
2, муж., 27	1-я	-1,31±2,07	0,71±0,27	0,02±0,04
	2-я	-0,48±1,44	0,81±0,23	0,09±0,18
3, муж., 21	1-я	-1,27±3,53	0,79±0,31	0,12±0,19
	2-я	-1,86±3,96	0,61±0,42	0,01±0,02
4, жен., 20	1-я	-0,67±2,56	0,79±0,29	0,03±0,06
	2-я	-0,07±2,36	0,82±0,29	0,19±0,26
5, жен., 20	1-я	-3,26±2,21	1,03±0,37	0,01±0,02
	2-я	-3,59±3,03	0,89±0,27	0,15±0,26
6, муж., 22	1-я	-5,79±9,56	1,27±0,48	0,06±0,14
	2-я	-3,15±6,07	0,86±0,46	0,05±0,08
7, жен., 20	1-я	-7,24±4,56	1,04±0,32	0,00±0,00
	2-я	-0,63±0,84	0,71±0,24	0,21±0,26
8, жен., 20	1-я	-1,94±2,68	0,69±0,36	0,15±0,13
	2-я	-1,35±0,93	0,66±0,33	0,28±0,24
9, жен., 20	1-я	-0,21±1,57	0,69±0,28	0,39±0,23
	2-я	-0,29±3,33	0,83±0,28	0,36±0,27
10, жен., 20	1-я	-1,76±2,74	0,65±0,44	0,05±0,09
	2-я	-1,99±2,66	0,87±0,39	0,03±0,09
11, жен., 20	1-я	-1,48±2,07	0,75±0,30	0,10±0,19
	2-я	-2,80±7,17	0,82±0,40	0,08±0,14
Среднее для всех испытуемых	1-я	-1,80±3,15	0,87±0,22	0,10±0,12
	2-я	-2,98±4,65	0,83±0,17	0,14±0,11

средние значения и стандартные отклонения *O*, *S*, *E* для показателей *D*, *L/H* и *V/(L+H)*.

У 10 испытуемых средние значения *O*, *S*, *E* для *D*, *L/H* и *V/(L+H)* в 1-й и 2-й сериях практически не различались друг с другом и в целом по группе, находясь в зоне физиологических норм для пола и возраста. Только у 1 испытуемого во 2-й серии наблюдалось значительное отклонение *OD* от оптимального показателя (-16,52±13,08 против 5,08±13,80 в 1-й серии) за счет показателя *OL/H* (-85,02±89,81 против -49,54±50,42 в 1-й серии). Причиной может служить снижение во 2-й серии значений *E* как по ветвям *L/H* (0,98±0,02 против 0,99±0,01) и *V/(L+H)* (0,10±0,12 против 0,39±0,49), так и в системе в целом (0,06±0,16 против 0,22±0,23).

Несмотря на широкое практическое использование биофидбека [7–9], в том числе и в алгоритмах метрономизированного дыхания и параметров ВСП, мы не нашли работ, в которых изучалась бы его воспроизводимость.

Результаты нашего исследования показали воспроизводимость биофидбека в алгоритме метрономизированного дыхания под контролем параметров ВСП с интервалом в 3 месяца как по группе в целом, так и по каждому из здоровых добровольцев за исключением одного. Это позволяет считать биофидбек важным инструментом вмешательства и коррекции состояния регуляторных систем организма человека при разных состояниях и в разных условиях жизни.

*V/(L+H) у здоровых добровольцев (M±sd)*

L/H			V/(L+H)		
O	S	E	O	S	E
-49,54±50,42	7,22±1,55	0,99±0,01	-1,20±1,50	0,77±0,84	0,39±0,49
-85,02±89,81	6,50±0,99	0,98±0,02	-1,65±0,74	0,53±0,36	0,10±0,12
-2,04±2,93	5,03±1,84	0,74±0,42	-1,96±0,96	0,29±0,16	0,10±0,10
-0,99±1,63	6,45±2,90	0,94±0,08	-2,24±0,84	0,43±0,26	0,11±0,16
-3,56±8,45	6,68±0,89	0,99±0,02	-1,97±0,66	0,90±1,47	0,26±0,31
-1,80±3,27	5,38±0,77	0,84±0,37	-2,60±0,53	0,20±0,09	0,09±0,07
-1,28±4,00	4,89±2,69	0,82±0,29	-1,84±0,96	0,37±0,21	0,12±0,14
-1,88±5,30	5,48±3,19	0,74±0,43	-1,54±0,96	0,65±0,89	0,23±0,29
-4,47±4,13	5,80±0,57	0,99±0,01	-2,42±0,27	0,28±0,09	0,06±0,07
-8,83±8,96	5,85±1,53	0,97±0,04	-2,43±0,59	0,19±0,11	0,05±0,06
-25,29±24,79	5,96±2,35	0,85±0,36	-2,71±0,52	0,22±0,17	0,06±0,10
-10,11±16,10	5,94±0,87	0,92±0,17	-1,77±0,70	0,39±0,20	0,19±0,14
-25,95±24,63	5,75±2,02	0,88±0,30	-2,62±0,52	0,23±0,16	0,03±0,04
-0,94±1,34	6,20±2,61	0,85±0,38	-1,88±1,11	0,60±0,63	0,26±0,29
-5,07±8,80	6,43±1,00	0,97±0,07	-2,15±0,82	0,43±0,32	0,16±0,19
-1,65±3,10	6,77±1,83	0,99±0,01	-2,03±0,49	0,35±0,17	0,12±0,09
-2,35±2,49	6,38±1,38	1,00±0,00	-1,69±0,50	0,67±0,38	0,27±0,31
-5,65±9,19	6,05±2,03	0,99±0,02	-1,99±1,15	0,41±0,30	0,14±0,16
-4,03±5,81	6,54±0,76	0,99±0,01	-2,80±0,54	0,22±0,11	0,05±0,06
-5,04±5,66	5,79±1,03	0,94±0,07	-2,27±0,62	0,36±0,20	0,13±0,12
-3,32±3,55	5,21±1,62	0,84±0,37	-2,42±0,62	0,43±0,55	0,08±0,06
-24,94±56,81	5,56±1,07	0,84±0,37	-2,62±0,61	0,49±0,31	0,12±0,11
-11,53±15,49	5,99±0,74	0,91±0,09	-2,16±0,49	0,44±0,24	0,14±0,12
-13,35±24,78	6,00±0,45	0,91±0,08	-2,09±0,37	0,42±0,15	0,14±0,06

Устойчивость динамики BQI у здоровых добровольцев в биофидбеке позволяет найти для каждого испытуемого свои параметры метрономизированного дыхания, которыми он может пользоваться в последующем без специального оборудования.

### Выводы

1. Биофидбек в контуре метрономизированного дыхания под контролем параметров variability сердечного ритма с интервалом в 3 месяца воспроизводим как по группе в целом, так и по каждому здоровому добровольцу.

2. Воспроизводимость биофидбека в контуре метрономизированного дыхания под контролем параметров variability сердеч-

ного ритма с устойчивой динамикой BQI позволяет находить для каждого испытуемого свои параметры метрономизированного дыхания, которым он может следовать для улучшения состояния систем регуляции в дальнейшем без специального оборудования.

3. Воспроизводимость биофидбека в контуре метрономизированного дыхания под контролем параметров variability сердечного ритма позволяет рекомендовать его в широкую практику.

**Перспективность исследования.** Представляет интерес изучить влияние предложенной методики биофидбека в лечении пациентов с заболеваниями различных систем и органов, а также в спортивной практике.

### Список литературы

1. Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback. What is biofeedback? [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.aapb.org/>.
2. *Schwartz M. S.* Biofeedback: a Practitioner's Guide / M. S. Schwartz, F. Andrasik. — [3<sup>rd</sup> ed.]. — N.-Y. : Guilford Press, 2003. — 930 p.
3. Качество биологической обратной связи у здоровых добровольцев в алгоритме метрономизированного дыхания при старте с возрастной физиологической нормы / С. А. С. Белал, К. И. Линская, А. Л. Кулик [и др.] // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. — 2011. — № 938. — С. 29–37.
4. Сравнение алгоритмов поиска оптимальной частоты метрономизированного дыхания при старте с физиологической нормы и со свободного дыхания у здоровых добровольцев на основании оценки качества биологической обратной связи / С. А. С. Белал, К. И. Линская, А. Л. Кулик [и др.] // Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение : материалы V всерос. симп. / отв. ред. Р. М. Баевский, Н. И. Шлык. — Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2011. — С. 25–30.
5. *Яблучанский Н. И.* Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу [Электронный ресурс] / Н. И. Яблучанский, А. В. Мартыненко. — Режим доступа : <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/1462>.
6. *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.
7. Частота дыхания и вариабельность сердечного ритма у здоровых добровольцев в биообратной связи / А. Л. Кулик, А. К. Задедихин, В. И. Шульгин [и др.] // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. — 2009. — № 879. — С. 20–24.
8. Biofeedback in medicine: who, when, why and how? / D. L. Frank, L. Khorshid, J. F. Kiffer [et al.] // Ment. Health Fam. Med. — 2010. — № 7 (2). — P. 85–91.
9. *Sutarto A. P.* Heart Rate Variability (HRV) biofeedback: a new training approach for operator's performance enhancement / A. P. Sutarto, M. N. Abdul Wahab, N. Mat Zin // J. of Industrial Engineering and Management. — 2010. — № 3 (1). — С. 176–198.

***С.А.С. Белал, О.Л. Кулик, О.В. Мартыненко, М.І. Яблучанський***  
**ВІДТВОРЮВАНІСТЬ БІОЛОГІЧНОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ У ЗДОРОВИХ ДОБРОВОЛЬЦІВ**  
**В АЛГОРИТМІ МЕТРОНОМІЗОВАНОГО ДИХАННЯ ПІД КОНТРОЛЕМ ПАРАМЕТРІВ**  
**ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ**

Одинадцять здоровим добровольцям (8 жінкам і 3 чоловікам) віком від 20 до 27 років було проведено 2 серії біологічного зворотного зв'язку по 7 сеансів у кожній з часовим інтервалом у 3 місяці для вивчення її відтворюваності в алгоритмі метрономізованого дихання під контролем параметрів варіабельності серцевого ритму. Встановлено, що біофідбек на основі запропонованого алгоритму відтворюється як по групі в цілому, так і в кожного здорового добровольця індивідуально, що дозволяє знаходити для кожного випробуваного свої параметри метрономізованого дихання, яких він може додержуватись для поліпшення стану систем регуляції в подальшому без спеціального обладнання.

**Ключові слова:** *варіабельність серцевого ритму, біологічний зворотний зв'язок, метрономізоване дихання, регуляторні системи.*

***S.A.S. Belal, A.L. Kulik, A.V. Martynenko, M.I. Yabluchanskiy***  
**REPRODUCIBILITY OF BIOFEEDBACK IN HEALTHY VOLUNTEERS IN THE PACED BREATHING**  
**ALGORITHM UNDER THE CONTROL OF HEART RATE VARIABILITY PARAMETERS**

Eleven healthy volunteers (8 women and 3 men) aged from 20 to 27 years were conducted 2 series of biofeedback with 7 sessions each with a time interval of 3 months for the study of its reproducibility in the paced breathing algorithm under the control of heart rate variability parameters. It was found, that biofeedback on the basis of the proposed algorithm is reproducible in the group as a whole and for each healthy volunteer individually, which allows us to find own parameters of paced breathing for each person and they can follow to improve the regulatory systems in the future without special hardware.

**Key words:** *heart rate variability, biofeedback, paced breathing, regulatory systems.*

*Поступила 12.12.11*