

8. Сычев О. С. Фибрилляция предсердий — потенциально летальная аритмия. Распространенность, причины развития и последствия фибрилляции предсердий / О. С. Сычев, Н. Н. Безюк // Здоров'я України. — 2009. — С. 20—21.
9. Orthostatic Intolerance [Електронний ресурс] / J. M. Stewart, M. S. Medow // Emedicine. — Oct 5, 2009. — Режим доступа : <http://emedicine.medscape.com/article/902155-overview>.
10. Макиенко Н. В. Прогнозирование эффективности терапии постоянной формы фибрилляции предсердий амиодароном и его комбинациями с метопрололом и карведилолом / Н. В. Макиенко, Н. И. Яблчанский // Одеський медичний журнал. — 2005. — № 6 (92). — С. 83—87.
11. Мартимьянова Л. А. Прогностическая значимость показателей variability сердечного ритма при персистирующей фибрилляции предсердий / [Л. А. Мартимьянова, Н. В. Лысенко, О. Ю. Бычкова, Н. В. Макиенко] // Буковинський медичний вісник. — 2004. — Т. 8, № 3—4. — С. 58—61.

УДК: 612.213

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И МЕТРОНОМИЗИРОВАННОГО ДЫХАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ**

*Е. Ю. Шмидт<sup>1</sup>, А. Л. Кулик<sup>2</sup>, А. В. Мартыненко<sup>2</sup>, Н. И. Яблчанский<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ГЛПУ «Центральная клиническая больница Укрзалізниці», г. Харьков, Украина

<sup>2</sup> Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Украина

У 25 пациентов с АГ (11 женщин и 14 мужчин, средний возраст  $56,8 \pm 5,7$  года), изучена эффективность биологической обратной связи в замкнутом контуре variability сердечного ритма (ВСР) и метрономизированного дыхания (МД) в контроле артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Пациенты были разделены на 2 группы: 1 — группа биофидбека (13 пациентов) и 2 — группа сравнения (12 пациентов). Пациентам в группе биофидбека проведено по 5 сессий биологической обратной связи, пациентам в группе сравнения проведено по 1 сессии биофидбека при поступлении и перед выпиской из стационара. Эффективность применения биофидбека оценивалась на основании сравнения значений систолического и диастолического АД (САД и ДАД, соответственно), ЧСС и интегрального индекса качества биологической обратной связи VQI при поступлении и выписке в обеих группах. Полученные данные показали, что биофидбек в замкнутом контуре ВСР и МД, позволяет добиться дополнительного снижения САД, ДАД и ЧСС на фоне медикаментозной терапии, а положительная динамика VQI в группе биофидбека указывает на существование эффекта «тренировки» системы регуляции в результате применения биофидбека.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** биологическая обратная связь, variability сердечного ритма, метрономизированное дыхание, артериальная гипертензия

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ У ЗАМКНУТОМУ КОНТУРІ ВАРІАбельНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ТА МЕТРОНОМІЗОВАНОГО ДИХАННЯ У ПАЦІЕНТІВ З АРТЕРІАЛЬНОЮ ГІПЕРТЕНЗІЄЮ**

*О. Ю. Шмидт<sup>1</sup>, О. Л. Кулик<sup>2</sup>, О. В. Мартыненко<sup>2</sup>, М. І. Яблчанський<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ДЛПЗ «Центральна клінічна лікарня Укрзалізниці, м. Харків, Україна

<sup>2</sup> Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна

У 25 пацієнтів з АГ (11 жінок і 14 чоловіків, середній вік  $56,8 \pm 5,7$  року), вивчена ефективність біологічного зворотного зв'язку в замкнутому контурі variability серцевого ритму (ВСР) та метрономізованого дихання (МД) в контролі артеріального тиску (АТ) і частоти серцевих скорочень (ЧСС). Пацієнти були розділені на 2 групи: 1 — група біофідбека (13 пацієнтів) і 2 — група порівняння (12 пацієнтів). Пацієнтам у групі біофідбека проведено по 5 сесій біологічного зворотного зв'язку, пацієнтам у групі порівняння проведено по 1 сесії біофідбека при вступі і перед випискою зі стаціонару.

© Шмидт О. Ю., Кулик О. Л.,  
Мартыненко О. В., Яблчанський М. І., 2011

Ефективність застосування біофідбека оцінювалася на підставі порівняння значень систолічного і діастолічного АТ (САТ і ДАТ, відповідно), ЧСС та інтегрального індексу якості біологічного зворотного зв'язку BQI при вступі і виписці в обох групах. Отримані дані показали, що біофідбек в замкнутому контурі ВСР та МД, дозволяє домогтися додаткового зниження САТ, ДАТ і ЧСС на тлі медикаментозної терапії, а позитивна динаміка BQI в групі біофідбека вказує на існування ефекту «тренування» системи регуляції в результаті застосування біофідбека.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** біологічний зворотній зв'язок, варіабельність серцевого ритму, метрономізоване дихання, артеріальна гіпертензія

## CLOSED LOOP BIOFEEDBACK OF HEART RATE VARIABILITY AND PACED BREATHING EFFICACY EVALUATION IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION

*E. Yu. Shmidt<sup>1</sup>, A. L. Kulik<sup>2</sup>, A. V. Martynenko<sup>2</sup>, N. I. Yabluchansky<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Central Clinical Hospital of Ukrainian Railway, Kharkov, Ukraine

<sup>2</sup> V. N. Karazin Kharkov National University, Ukraine

In 25 patients with arterial hypertension (11 women and 14 men, mean age  $56,8 \pm 5,7$  years), biofeedback efficacy in a closed loop of heart rate variability (HRV) and paced breathing (PB) in the control of blood pressure (BP) and heart rate (HR) was studied. Patients were divided into 2 groups: 1 — biofeedback group (13 patients) and 2 — and the comparison group (12 patients). Patients in the biofeedback group underwent 5 biofeedback sessions, to patients in the comparison group only 2 biofeedback sessions were performed — on admission and before discharge from hospital. The effectiveness of biofeedback was evaluated by comparing systolic and diastolic blood pressure values (SBP and DBP, respectively), HR and the integral biofeedback quality index (BQI) on admission and discharge from hospital in both groups. The results showed that the closed loop biofeedback of HRV and the PB allows to further reduce the SBP, DBP and HR with medical therapy background, and the BQI positive dynamics in the biofeedback group indicates the existence of the regulation system «training» effect as a result of biofeedback.

**KEY WORDS:** biofeedback, heart rate variability, paced breathing, arterial hypertension

Несмотря на успехи в фармакотерапии артериальной гипертензии (АГ) проблемой остается сложность контроля достигнутых целевых уровней артериального давления (АД) [1]. В связи с этим значение приобретает развитие немедикаментозных методов ее терапии.

Одним из методов, дополняющим медикаментозную терапию АГ является биологическая обратная связь (биофидбек), применяемый в различных разновидностях не только в кардиологии, но и других отраслях медицины [2–5]. Одно из перспективных направлений в нем — биофидбек с контуром вариабельности сердечного ритма (ВСР) и управляемым метрономизированным дыханием (МД) [6].

Поскольку исследования эффективности биофидбека с контуром ВСР и МД при АГ ранее не проводились, мы решили выполнить настоящую работу.

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

*Цель исследования:* изучить эффективность применения биологической обратной связи в замкнутом контуре вариабельности сердечного ритма и метрономизированного

дыхания у пациентов с артериальной гипертензией.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 25 пациентов с АГ (11 женщин и 14 мужчин, средний возраст  $56,8 \pm 5,7$  года). Критериями включения в исследование были АГ со стабильной стенокардией напряжения (ССН) I–III функциональных классов (ФК) и хронической сердечной недостаточностью (ХСН) I–III функциональных классов I–IIA стадий.

Критериями исключения были острый инфаркт миокарда, стабильная стенокардия напряжения IV функционального класса, хроническая сердечная недостаточность IV функционального класса, IIБ–III стадий, клапанные пороки, имплантированные кардиостимуляторы, нарушения атриовентрикулярной проводимости, эндокринные заболевания (сахарный диабет, заболевания щитовидной железы), язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки в стадии обострения.

АД измерялось по методу Короткова тонометром Microlife BP AG1-20.

Биофидбек проводился на компьютерном диагностическом комплексе «CardioLab 2009» («ХАИ-Медика») со специально созданным в его составе модулем «Biofeedback», включающим программно связанные

визуально-звуковой метроном дыхания и алгоритм динамического определения текущих значений параметров изменяемой под влиянием изменений МД ВСП.

Параметры ВСП определялись в скользящем буфере продолжительностью в 1 минуту путем динамического спектрального разложения с помощью быстрого преобразования Фурье последовательности длин R-R-интервалов мониторинговых записей ЭКГ. Запись ЭКГ осуществлялась в первом стандартном отведении с частотой дискретизации сигнала в 1000 Гц. Вычисления производились в реальном времени в рамках 7-минутного сеанса [6]. В качестве параметров ВСП использовались рассчитываемые мощности низких частот (V, до 0,05 Гц), преимущественно связанных с терморегуляцией гуморальной и симпатическим звеном вегетативной нервной системы; средних частот (L, 0,05–0,15 Гц), преимущественно связанных с симпатическим и парасимпатическим звеньями вегетативного баланса и высоких частот (H, 0,15–0,40 Гц), преимущественно связанных с парасимпатическим звеном вегетативной нервной регуляции [7]. В дальнейшем эти параметры преобразовывались в двумерную координатную плоскость с осями  $L/H$  и  $V/(L+H)$ , соответствующими мощностям симпатовагального и гуморально-вегетативного звеньев регуляции. Для начала отсчета выбирались значения физиологической нормы указанных балансов каждого испытуемого в соответствии с [7], что позволяло оценивать расстояние D между текущим и оптимальным значениями параметров ВСП пациента.

В исследовании был использован алгоритм со стартом со стартом со свободного немодулированного дыхания. Данный этап (инициализации алгоритма) составлял две минуты. Затем на следующей минуте осуществлялось вычисление соотношения мощностей симпатовагального и гуморально-вегетативного звеньев регуляции и задание метрономизированной частоты G, максимально приближающей текущие значения  $L/H$  и  $V/(L+H)$  испытуемого к зоне оптимума путем перестройки частоты визуально-звукового метронома. Предлагаемая испытуемому частота дыхания G могла варьировать от 6 до 15 дыханий в минуту.

В соответствии с целью исследования все пациенты были разделены на 2 группы: 1 — группа биофидбека (13 пациентов) и 2 — группа сравнения (12 пациентов). Пациентам в группе биофидбека было проведено по 5 сессий биофидбека в замкнутом контуре вариабельности сердечного ритма и модулированного дыхания. Пациентам в группе

сравнения было проведено по 2 сессии биофидбека — при поступлении и перед выпиской из стационара.

О степени оптимизации регуляторных систем испытуемого судили по показателям оптимальности (O), чувствительности (S) и эффективности (E) биофидбека в замкнутом контуре ВСП и МД в оптимизационном алгоритме в целом и по каждой из координат его фазового пространства, а также по интегральному показателю «индекс качества биообратной связи» (Biofeedback Quality Index — BQI), охватывающему все измерения качества процесса биообратной связи. Методика расчетов O, S, E и BQI изложена в [6].

Все пациенты получали одинаковую терапию в соответствии с рекомендациями по профилактике и лечению АГ Украинской ассоциации кардиологов [8]. Применялись диуретики, ингибиторы АПФ, антагонисты кальция, бета-блокаторы. Пациентам со стабильной стенокардией напряжения дополнительно назначали препараты ацетилсалициловой кислоты и статины.

Эффективность применения биофидбека оценивалась на основании сравнения значений систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД, соответственно), частоты сердечных сокращений (ЧСС) и индекса BQI при поступлении и выписке в обеих группах пациентов.

Значения изучаемых показателей по всем пациентам заносились в таблицу в Microsoft Excel с последующим определением показателей среднего (M) и стандартного отклонения (sd). Достоверность различий между группами на этапах исследования определялась при помощи U-критерия Манна-Уитни [9]. Достоверность различий между значениями показателя на текущем этапе и до начала лечения определялась при помощи T-критерия Уилкоксона [9].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1, из которой видно, что выделенные группы сопоставимы по основным выделяемым признакам.

Значения средних показателей ЧСС, САД и ДАД в группах биофидбека и сравнения при поступлении и перед выпиской, представлены в табл. 2. При одинаковом медикаментозном лечении систематическое проведение сеансов биофидбека способствовало достижению более низких значений ЧСС, САД, ДАД.

Изменения индекса качества биологической обратной связи BQI в группах биофидбека и сравнения представлены на рис. 1. Систематическое проведение биофидбека в основ-

ной группе пациентов способствовало закономерному приближению индекса BQI к оп-

тимальному уровню, тогда как в группе сравнения он оставался без изменений.

Таблица 1  
Клиническая характеристика пациентов с АГ в группах биофидбека и сравнения (M ± sd; (n))

Показатели		Группы пациентов	
		Биофидбека (13)	Сравнения (12)
Пол	Мужской	8	4
	Женский	5	8
Возраст, годы (M ± sd)		57,3 ± 5,5*	56,8 ± 6,8
Стадия АГ	I	2	1
	II	8	9
	III	3	2
Степень АГ	Мягкая	—	—
	Умеренная	7	8
	Тяжелая	6	4
ФК ССН	I	3	1
	II	1	4
	III	—	1
ФК ХСН	I	1	3
	II	—	1
	III	—	—

Примечание:

\* P < 0,05 между группами.

Таблица 2  
Значения средних показателей ЧСС, САД и ДАД в группах биофидбека и сравнения при поступлении и перед выпиской (M ± sd)

Показатель	Группы			
	Биофидбека		Сравнения	
	Поступление	Выписка	Поступление	Выписка
ЧСС	76,7 ± 15,2*	71,9 ± 16,6*†	75,2 ± 10,0*	72,4 ± 10,6*†
САД	157,1 ± 21,5*	143,3 ± 14,2*†	159,2 ± 11,7*	147,5 ± 12,7*†
ДАД	101,6 ± 13,7*	93,0 ± 10,2*†	104,3 ± 12,6*	96,4 ± 11,3*†

Примечание:

\* P < 0,05 по показателю на этапе между группами;

† P < 0,05 по показателю на этапе против значений при поступлении.

Полученные данные свидетельствуют, что биофидбек в замкнутом контуре ВСР и МД может применяться у пациентов с АГ для повышения качества ее контроля, и не только сравним по эффективности с другими методиками [10, 11], но и превосходит их.

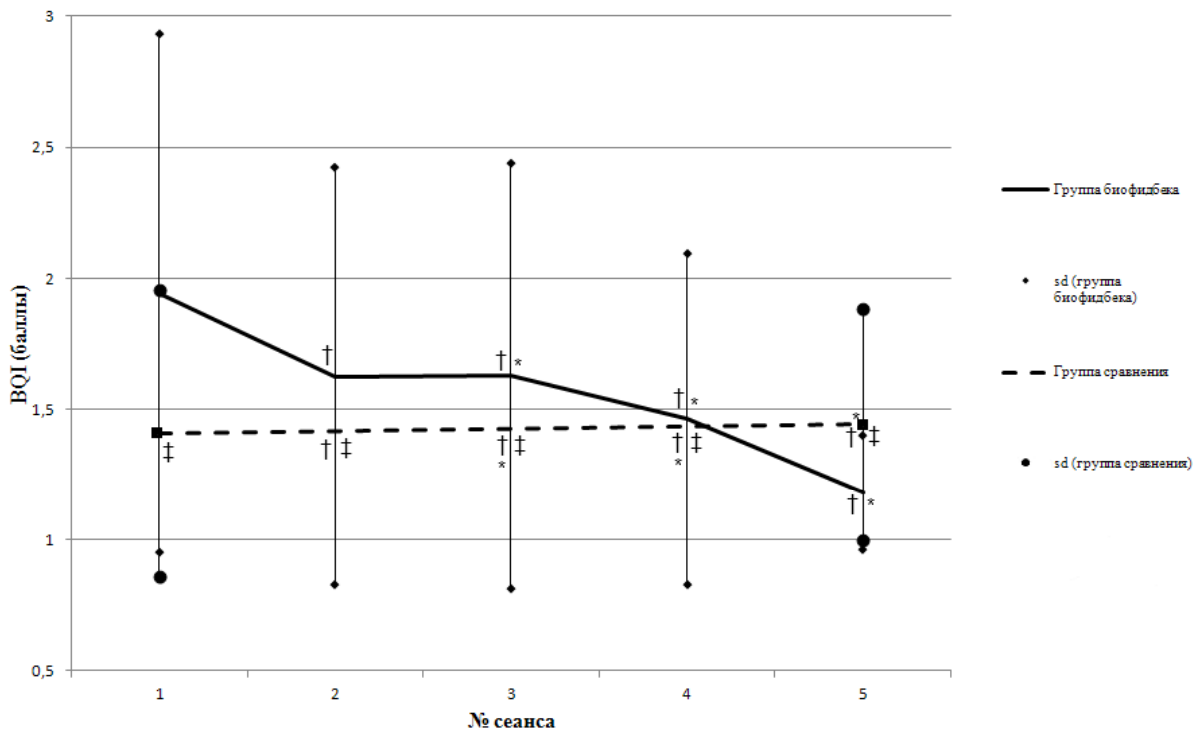


Рис. 1. Динамика индекса качества биологической обратной связи BQI в группе биофидбека (а) и группе сравнения (б) соответственно

Примечание:

\* — P < 0,05 на сеансах в группах биофидбека и сравнения против исходных значений;

† — P < 0,05 на соседних сеансах в группе биофидбека;

‡ — P < 0,05 между группами биофидбека и сравнения на текущих сеансах.

Метод позволяет добиться дополнительного на фоне медикаментозной терапии снижения ЧСС, САД и ДАД. Положительная динамика значений ВQI в группе биофидбека демонстрирует эффект «тренировки» системы регуляции в результате его применения.

## ВЫВОДЫ

1. Применение биологической обратной связи в замкнутом контуре variability сердечного ритма и метрономизированного

дыхания у пациентов с артериальной гипертензией позволяет добиться лучшего контроля ЧСС, САД и ДАД.

2. Наблюдаемая положительная динамика интегрального показателя ВQI в замкнутом контуре variability сердечного ритма и метрономизированного дыхания указывает на наличие эффекта тренировки систем регуляции, и может быть использована в оздоровительных и лечебных практиках.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Wong K. The association between hypertension-specific care management processes and blood pressure outcomes in US-based physician organizations / K. Wong, A. Smalarz, N. Wu [et al.] // *J Am Soc Hypertens.* — 2011. — Sep 28. — Режим доступа до ресурсу : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21958468>.
2. Schwartz M. S. *Biofeedback : A Practitioner's Guide.* 3rd ed. / M. S. Schwartz, F. Andrasik. — NY : Guilford Press; 2003. — 930 p.
3. Ritz T. Behavioral interventions in asthma: biofeedback techniques / T. Ritz, B. Dahme, W. T. Roth // *J Psychosom Res.* — 2004. — № 56 (6). — P. 711—20.
4. Eckardt V. F. Is biofeedback therapy an effective treatment for patients with constipation? / V. F. Eckardt // *Nat Clin Pract Gastroenterol Hepatol.* — 2006. — № 3 (4). — P. 198—9.
5. Effectiveness of biofeedback for dysfunctional elimination syndrome in pediatrics: a systematic review / D. J. Desantis, M. P. Leonard, M. A. Preston [et al.] // *J Pediatr Urol.* — 2011. — № 7 (3). — P. 342—8.
6. Белал С. А. С. 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 // *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Медицина.* — № 938. Випуск 21. — 2011. — С. 29—37.
7. Яблчанский Н. И. Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу [электронный ресурс] / Н. И. Яблчанский, А. В. Мартыненко // Режим доступа : <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/1462>.
8. Рекомендації Української Асоціації кардіологів з профілактики та лікування артеріальної гіпертензії. Посібник до Національної програми профілактики і лікування артеріальної гіпертензії. — К. : ПП ВМБ, 2008. — 80 с.
9. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич. — К. : Морион, 2000. — 320 с.
10. Nolan R. P. Behavioral neurocardiac training in hypertension: a randomized, controlled trial / R. P. Nolan, J. S. Floras, P. J. Harvey [et al.] // *Hypertension.* — 2010. — № 55 (4). — P. 1033—9.
11. Rainforth M. V. Stress Reduction Programs in Patients with Elevated Blood Pressure : A Systematic Review and Meta-analysis / M. V. Rainforth, R. H. Schneider, S. I. Nidich [et al.] // *Curr Hypertens Rep.* — 2007. — № 9 (6). — P. 520—528.