

Л.В. Поскотинова^{1,2}, Д.Б. Дёмин¹, Е.В. Кривоногова¹, М.Н. Диева³, Н.М. Хасанова⁴

¹ Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН, Архангельск, Российская Федерация

² Институт медико-биологических исследований ФГАУ ПО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова», Архангельск, Российская Федерация

³ Архангельская городская поликлиника № 2, Российская Федерация

⁴ Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация

Успешность биоуправления параметрами вариабельности сердечного ритма у лиц с различным уровнем артериального давления

Цель исследования: определить характер сердечно-сосудистых реакций в процессе однократного сеанса биоуправления с целью усиления вагусных влияний на ритм сердца у лиц с различным исходным уровнем артериального давления (АД). **Пациенты и методы.** Обследовано 33 человека с нормальным АД (группа I), 20 человек с некорригированной артериальной гипертензией (АГ) 1–2-й степени (группа II) и 22 человека с АГ 1–2-й степени, принимающих антигипертензивные препараты (группа III). Регистрировали показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР), АД и пульсоксиметрии в фоне, во время однократного сеанса и после сеанса биоуправления с целью повышения суммарной мощности спектра ВСР (этапы по 5 мин). **Результаты.** У лиц группы II выявлена низкая успешность биоуправления параметрами ВСР на фоне высокой симпатической реактивности и снижения сатурации крови. У лиц группы III реактивность вагусных механизмов более выражена, чем у лиц группы II, что отражено в значимом повышении у них суммарной мощности спектра ВСР по сравнению с фоном и в тенденции к повышению сатурации крови во время сеанса биоуправления. **Выводы.** Способность к биоуправлению параметрами ритма сердца с целью повышения суммарной мощности спектра ВСР в течение стандартной короткой записи (5 мин) может рассматриваться как тест для определения сохранности вагусных резервов вегетативной регуляции сердечной деятельности у лиц с повышенным АД.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, биоуправление, вариабельность сердечного ритма.

20

Введение

Артериальная гипертензия (АГ) остается серьезным социально значимым заболеванием, признаки которого все чаще формируются в молодом возрасте [1, 2]. При-

верженность к лечению лиц с высоким артериальным давлением (АД) остается довольно низкой, в т.ч. в России; позиция таких людей в проведении мероприятий по снижению давления в основном пассивная [3]. Фоновым состоянием, при котором формируется АГ, явля-

L.V. Poskotinova^{1,2}, D.B. Demin^{1,2}, E.V. Krivonogova^{1,2}, M.N. Dieva³, N.M. Khasanova⁴

¹ The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch of RAS, Arkhangelsk, Russian Federation

² Institute of Medical-Biological Research of Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation

³ Arkhangelsk City Out-patients' Clinic № 2, Russian Federation

⁴ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

The Success of Heart Rate Variability Biofeedback Parameters in Persons with Different Levels of Blood Pressure

Objective. The aim was to determine the nature of cardiovascular reactions during a single session of heart rate variability (HRV) biofeedback in order to increase vagal effects on heart rhythm in patients with different initial levels of blood pressure (BP). **Participants and methods.** 33 people with normal blood pressure (group I), 20 people with uncorrected arterial hypertension (AH) grade 1-2 (group II) and 22 people with AH grade 1-2 taking antihypertensive drugs (group III) were observed. The parameters of heart rate variability (HRV), BP and pulse oximetry in the initial stage, during a single HRV biofeedback session and after this session in order to increase the total power of the HRV spectrum (each stage was 5 min). **Results.** In patients of group II low success of HRV biofeedback session, a high sympathetic reactivity and reduced oxygen blood saturation were determined. A reactivity of vagal mechanism is more pronounced in persons of group III than in those of group II. It is reflected in a significant increase in their total power of the HRV spectrum compared to the initial values and in uptrend saturation levels during the biofeedback session. **Conclusions.** The ability to HRV biofeedback in order to increase the total power of the HRV spectrum for standard short recording (5 min) can be seen as a test to determine the safety reserves of vagal autonomic cardiovascular regulation in persons with increased blood pressure.

Key words: hypertension, biofeedback, heart rate variability.

ется снижение резервов вагусной регуляции сердечной деятельности, которое можно диагностировать при снижении общей вариабельности сердечного ритма (ВСР) и ее дыхательной составляющей. При этом происходят и структурные изменения в миокарде, особенно в тканях левого желудочка, появляются признаки ремоделирования сердца [4]. Низкая вариабельность ритма сердца служит предвестником внезапной сердечной (коронарной) смерти. Недостаточный ответ синусового водителя ритма на рефлекторные вагусные пробы сохраняет риск такого исхода, в особенности после перенесенного острого инфаркта миокарда [5]. Метод биоуправления параметрами ВСР, известный за рубежом как «heart rate variability (HRV) biological feedback», призван увеличить общую вариабельность ритма сердца, вагусные влияния на ритм сердца, активизировать барорефлекторную деятельность при ее дефиците посредством реализации биологической обратной связи (БОС) [6–8]. При этом механизмы эффективности такого метода коррекции сосудистой дистонии, когда вовлекаются все уровни нервно-сосудистой регуляции, остаются до конца не раскрытыми [9]. Тем не менее установлено, что сеансы биоуправления с целью повышения суммарной мощности спектра ВСР вызывают не только снижение АД, но и оптимизацию работы вышних нервных центров. Варианты перестроек биоэлектрической активности головного мозга при этом зависят от исходного вегетативного тонуса [10]. Важную роль играет также исходный гормонально-нейромедиаторный состав, который может предопределить направленность реакций при биоуправлении как сосудистого тонуса, так и частотно-временной организации биоэлектrogenеза головного мозга [11, 12]. Известно, что нарушение церебральных механизмов может быть ведущим звеном в патогенезе АГ [13]. Данные об эффективности процесса саморегуляции у человека с нарушениями сосудистого тонуса помогут определиться с прогнозом течения артериальной гипертензии.

Цель исследования: определить характер сердечно-сосудистых реакций в процессе однократного сеанса биоуправления с целью усиления вагусных влияний на ритм сердца у лиц с различным исходным уровнем АД.

Пациенты и методы

Участники исследования

Методом случайной выборки было сформировано 3 группы лиц в возрасте от 30 до 53 лет по результатам диспансерного осмотра в г. Архангельске. В группу I вошли 33 практически здоровых человека с нормальным и высоким нормальным АД (11 мужчин и 22 женщины) [1]. В группу II вошли 20 человек с АГ 1–2-й степени без приверженности к лечению с фактором риска осложнений 1–2 (10 мужчин и 10 женщин). Группу III составили 22 человека с АГ 1–2-й степени со стабильным течением заболевания, с фактором риска 1–2, принимающие антигипертензивные препараты в виде монотерапии с использованием ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента или β -адреноблокаторов (6 мужчин и 16 женщин). Величины среднего возраста в группах были статистически идентичными.

Методы исследования

На базе Института физиологии природных адаптаций УрО РАН после предоставления информированного согласия на обследование у наблюдаемых в утреннее время в положении сидя регистрировали показатели ВСР

в фоне, во время однократного сеанса БОС с целью повышения суммарной мощности спектра ВСР под визуальным контролем и после БОС-тренинга (по 5 мин каждая проба). Учитывали суммарную мощность спектра ВСР (TR, m^2 — total power) и индекс напряжения регуляторных систем (ИН, усл.ед.) [14]. Для регистрации показателей ВСР использовали прибор «Варикард» («Рамена», Россия), для регистрации систолического и диастолического АД (САД и ДАД, мм рт.ст.) и определения частоты сердечных сокращений (ЧСС) — прибор «A&D» (Япония), для определения степени насыщения крови кислородом (сатурации, SpO_2 , %) — пульсоксиметр «PalmSat» («NONIN», США). Технику биоуправления применяли согласно описанию в патенте [15].

Статистическая обработка данных

Статистическую значимость результатов оценивали с помощью пакета программ «Statistica 6.0» с использованием средних значений в выборке в виде медианы (Me) и межквартильного размаха от 25- до 75-процентного уровня (25; 75), критерия Вилкоксона для зависимых выборок, U -критерия Манна–Уитни для независимых выборок и χ^2 -критерия для сравнения долей в выборке. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Анализ данных показал, что у 30 из 33 (91%) человек группы I сеанс биоуправления оказался успешен, что отразилось на значимом повышении при БОС-тренинге в группе показателя TR и снижении ИН (табл.). В процессе биоуправления у лиц данной группы происходило значимое снижение САД, ЧСС, а также повышение сатурации крови (SpO_2). После БОС-тренинга САД и ЧСС оставались ниже, чем в фоне, а показатели ВСР и сатурации крови возвращались к исходным значениям.

У лиц из группы II фоновые значения САД и ДАД были закономерно выше, чем у лиц из группы I. При этом фоновые значения ВСР и сатурации статистически не отличались от группы лиц с нормальным АД. В процессе биоуправления снизились САД и ЧСС, однако вегетативные показатели были разнонаправленными, что не позволило получить статистически значимого повышения TR и снижения ИН. Доля лиц с успешным сеансом БОС-тренинга составила 55% (11 из 20 человек), что значимо ниже, чем в группе I ($p < 0,01$). Уровень сатурации крови при БОС-тренинге был достоверно ниже, чем у лиц группы I. После БОС-тренинга величины САД и ЧСС, как и у лиц из группы I, оставались ниже, чем фоновые.

У лиц из группы III по сравнению с наблюдаемыми из других групп помимо самых высоких значений АД также был минимальным уровень TR и максимальным — значение ИН. При биоуправлении значимо снижались САД и существенно повышалась общая вариабельность ритма сердца (TR). Однако ЧСС и индекс напряжения изменялись незначительно; при этом ИН оставался самым высоким по сравнению с таковым у лиц других групп. Доля индивидуумов с успешным БОС-тренингом составила 68% (15 человек из 22), что сопоставимо с таковой в группе II и достоверно ниже, чем в группе I ($p < 0,05$). После БОС-тренинга САД осталось ниже, чем в фоне, как и у лиц из других групп. Однако при этом суммарная мощность спектра ВСР не только возвращалась к фоновому значению, но и значительно снижалась, а ИН достигал своего максимума в общей выборке обследованных лиц.

Таблица. Показатели сердечно-сосудистой системы при биоуправлении параметрами variability сердечного ритма у людей с различным уровнем артериального давления, Ме (25; 75)

| Показатель | I группа (n = 33) | | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | Фон (1) | БОС (2) | После БОС (3) |
| САД, мм рт.ст. | 118,0 (109,0; 123,0) | 113,5* (103,0; 121,5) | 109,0*** (104,0; 120,0) |
| ДАД, мм рт.ст. | 82,0 (77,04; 84,0) | 79,5 (75,0; 84,0) | 79,0 (76,5; 83,0) |
| ЧСС, уд/мин | 75,7 (71,7; 82,0) | 75,5* (70,9; 77,8) | 74,2** (71,2; 78,7) |
| ИН, усл.ед. | 119,93 (84,01; 193,21) | 95,50** (57,64; 124,78) | 153,41 (86,24; 237,23) |
| TP ×1000, мс ² | 1,62 (1,01; 1,91) | 2,85*** (2,13; 4,50) | 1,38 (0,74; 2,35) |
| SpO ₂ , % | 97,0 (96,0; 98,0) | 98,0* (97,0; 98,0) | 97,0 (95,0; 98,0) |
| | II группа (n = 20) | | |
| САД, мм рт.ст. | 139,0### (131,0; 143,0) | 136,5* ### (122,0; 142,0) | 135,0* ### (124,0; 141,0) |
| ДАД, мм рт.ст. | 94,0### (94,0; 99,0) | 92,5### (89,0; 100,0) | 95,5### (90,0; 98,0) |
| ЧСС, уд/мин | 73,6 (71,6; 80,3) | 70,7** (69,1; 82,0) | 70,4* (67,2; 80,0) |
| ИН, усл.ед. | 121,12 (72,51; 244,92) | 133,72 (65,80; 185,47) | 146,96 (132,86; 199,74) |
| TP ×1000, мс ² | 1,40 (0,96; 2,75) | 1,79 (1,09; 3,19) | 1,17 (0,75; 1,43) |
| SpO ₂ , % | 97,0 (96,0; 97,0) | 96,0# (95,0; 98,0) | 96,5 (96,0; 97,0) |
| | III группа (n = 22) | | |
| САД, мм рт.ст. | 140,0### (125,0; 154,0) | 134,5*** ### (116,0; 146,0) | 134,0** ### (125,0; 148,0) |
| ДАД, мм рт.ст. | 98,5### (90,0; 105,0) | 97,0### (86,0; 107,0) | 95,5### (90,0; 108,0) |
| ЧСС, уд/мин | 74,7 (72,7; 81,7) | 75,5 (71,2; 80,1) | 75,6 (70,9; 79,6) |
| ИН, усл.ед. | 205,65## (140,78; 298,15) | 184,90## Δ (104,11; 269,11) | 324,00** ## Δ (177,15; 442,70) |
| TP ×1000, мс ² | 0,98## (0,63; 1,29) | 1,17* ## (0,91; 1,84) | 0,67*** ## Δ (0,39; 0,97) |
| SpO ₂ , % | 96,5 (95,0; 98,0) | 98,0 (96,0; 98,0) | 96,0 (95,0; 98,0) |

Примечание. * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$, *** — $p < 0,001$ — статистически значимые различия между фоном и последующими пробами в каждой группе, # — $p < 0,05$, ## — $p < 0,01$, ### — $p < 0,001$ — статистически значимые различия между I и последующими группами в каждой пробе, Δ — $p < 0,05$ — статистически значимые различия между II и III группой в каждой пробе.

22

Обсуждение

Известно, что при коротких записях (5 мин) суммарная мощность спектра ВСП по физиологическому смыслу приравнена к среднему квадратическому отклонению (СКО) длительности кардиоинтервалов, и вклад непериодических колебаний в составе данного показателя минимален в отличие от СКО [2]. Таким образом, успешность при однократном сеансе биоуправления параметрами ритма сердца в стандартном времени проведения (5 мин) может послужить маркером сохранности резервов вагусной регуляции сердечной деятельности. В отличие от пробы с фиксированным темпом дыхания, которую также применяют для оценки эффективности вагусной регуляции ритмом сердца, успешность биоуправления с целью повышения вагусной активности отражает уровень возможностей организма к осуществлению саморегуляции с активным участием отделов высшей нервной деятельности. Высокий уровень успешности биоуправления у лиц без признаков АГ свидетельствует об оптимальной функции у них кортико-висцеральных нервных связей, адекватных механизмах барорефлекса и кардиореспираторного сопряжения. При таком виде саморегуляции оптимизируется и кровенаполнение периферических сосудов, степень насыщения крови кислородом, что отражается в более высоком проценте сатурации крови. Низкая успешность биоуправления у лиц с АГ связана в первую очередь с нарушением у них цереброгенных механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности [13], особенно у пациентов с плохой приверженностью к лечению. При некорригированной АГ однократный сеанс биоуправления как вариант когнитивной нагрузки выявляет высокую реактивность симпатического отдела вегетативной нервной системы, дисфункцию тонууса пе-

риферических сосудов и снижение степени насыщения крови кислородом. У лиц из группы III в фоне и после биоуправления низкая общая ВРС и высокая симпатическая активность обусловлены, по-видимому, более выраженными вегетативными сдвигами, а также тем, что многие из них не принимали плановых препаратов перед обследованием. Очевидно, что у наблюдаемых нами пациентов с медикаментозной коррекцией АГ реактивность вагусных механизмов — более однонаправленная и выраженная, чем у лиц из группы II, что отражено в значимом повышении суммарной мощности спектра ВСП по сравнению с фоном и в тенденции к повышению сатурации крови при сеансе биоуправления.

Заключение

Способность к биоуправлению параметрами ритма сердца с целью повышения суммарной мощности спектра ВСП в течение стандартной короткой записи (5 мин) может рассматриваться как тест для определения сохранности вагусных резервов вегетативной регуляции сердечной деятельности у лиц с повышенным АД. Независимо от исходного уровня АД, управляемое повышение резервов вагусной регуляции способствует снижению давления (в первую очередь, систолического) уже на первом сеансе БОС-тренинга. Степень успешности биоуправления параметрами ритма сердца на первом сеансе предопределяет в дальнейшем индивидуальную стратегию саморегуляции (длительность сеансов, частоту их проведения), что сделает пациента более активным участником при проведении ему комплексной терапии АГ.

Работа поддержана грантом Президиума РАН «Фундаментальные науки — медицине» № 12-П-4-1038.

REFERENCES

1. Chazova I.E., Ratova L.G., Boitsov S.A., Nebieridze D.V. Diagnosis and treatment of arterial hypertension. Recommendations of Russian medical society on hypertension and the all-Russian scientific society of Cardiology. *Sistemnye Gipertenzii - System Hypertension*. 2010; 3: 5–26.
2. Chernova I.M., Luk'yanov M.M., Serdyuk S.E., Boitsov S.A. Risk factors, mechanisms of development, clinical course and target organ damage in young hypertensive patients. *Sistemnye Gipertenzii - System Hypertension*. 2008; 3: 60–65.
3. Fomin V.V. Adherence to treatment - one of the key determinants of the effectiveness of antihypertensive therapy: Opportunities combination of irbesartan and hydrochlorothiazide. *Sistemnye Gipertenzii - System Hypertension*. 2010; 3: 30–34.
4. Baibursyan E.D., Kryukov N.N., Kiseleva G.I., Malofeeva N.S., Germanova I.K. Heart rate variability in the assessment of the severity of arterial hypertension. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika - Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2005; 4 (S2): 30.
5. Abramkin D.V., Yavelov I.S., Gratsianskii N.A. Relationship between heart rate changes during reflex tests and heart rate variability. *Kardiologiya - Cardiology*. 2004; 44 (8): 27–34.
6. Lehrer P.M., Vaschillo E., Vaschillo B., Lu S., Eckberg D.L., Edelberg R. et. al. Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow. *Psychosomatic Medicine*. 2003; 65: 796–805.
7. Lin G., Xiang Q., Fu X., Wang S, Wang S, Chen S. et. al. Heart rate variability biofeedback decreases blood pressure in prehypertensive subjects by improving autonomic function and baroreflex. *J. Alt. Complement. Med*. 2012; 18 (2): 143–152.
8. Wang S.Z., Li S., Xu X.Y., Lin G.P., Shao L., Zhao Y., Wang T.H. Effect of slow abdominal breathing combined with biofeedback on blood pressure and heart rate variability in prehypertension. *J. Alt. Complement. Med*. 2010; 16 (10): 1039–1045.
9. Wheat A.L., Larkin K.T. Biofeedback of heart rate variability and related physiology: a critical review. *App. Psychophysiol. Biofeedback*. 2010; 35 (3): 229–242.
10. Demin D.B. The assessment of polygraphic reactions at biofeedback heart rate parameters in adolescents with different variants of vegetative status. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk – Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2012; (2): 11–15.
11. Krivonogova E.V., Poskotinova L.V., Demin D.B. Comparative analysis of the EEG components and heart rate variability during biofeedback training in girls of 15-17 year old with different serotonin level in blood serum. *Byulleten' sibirskoi meditsiny - Bulletin of siberian medicine*. 2011; 10 (4): 21–26.
12. Demin D.B., Poskotinova L.V., Krivonogova E.V. Thyroid effect on brain activity in adolescents during heart rhythm biofeedback session. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova - I.M. Sechenov Physiological Journal*. 2011; 97 (11): 1262–1269.
13. Sudakov K.V. The cerebral mechanisms in the genesis of arterial hypertension at emotional stress. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk – Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2003; 12: 70–74.
14. Baevskii R.M., Ivanov G.G., Chireikin L.V., Gavrilushkin A.P., Dovgalevskii P.Ya., Kukushkin Yu.A. i dr. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems (guidelines). *Vestnik aritmologii - Bulletin arrhythmology*. 2001; 24: 65–87.
15. Poskotinova L.V., Semenov Yu.N. *Sposob korrektsii vegetativnykh disbalansov s pomoshch'yu kompleksa dlya obrabotki kardiointervalogram i analiza variabel'nosti serdechnogo ritma «Varikard 2.51», rabotayushchego pod upravleniem komp'yuternoï programmy ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), s ispol'zovaniem biologicheskoi obratnoi svyazi* [The method of correcting vegetative imbalances using the complex for cardiointervalogram processing and heart rate variability analysis "Varikard 2.51" controlled by the computer program ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), with the use of biofeedback]. Patent RF, № 2317771. 2008. Bulletin. № 6.

FOR CORRESPONDENCE

Poskotinova Liliya Vladimirovna, PhD, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Biorhythmology Laboratory, The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Leading Research Worker of the Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
Address: 163000, Arkhangelsk, Lomonosov Avenue, 249; **tel.:** (8182) 65-29-95, **e-mail:** liliya200572@mail.ru

Demin Denis Borisovich, PhD, Senior Research Worker, Biorhythmology Laboratory, The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Address: 163000, Arkhangelsk, Lomonosov Avenue, 249; **tel.:** (8182) 65-29-95, **e-mail:** denisdemin@mail.ru

Krivonogova Elena Vyacheslavovna, PhD, Senior Research Worker, Biorhythmology Laboratory, The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Address: 163000, Arkhangelsk, Lomonosov Avenue, 249; **tel.:** (8182) 65-29-95, **e-mail:** elena200280@mail.ru

Dieva Marina Nikolaevna, Neuropathologist, Arkhangelsk City Clinical Hospital № 2

Address: 163069, Arkhangelsk, Severodvinskaya St., 16; **tel.:** (8182) 68-38-35, **e-mail:** khasanovanina@rambler.ru

Khasanova Nina Minuvalievna, PhD, Assistant, Department of Family Medicine, Northern State Medical University

Address: 163001, Arkhangelsk, Troitsky Prospect, 51; **tel.:** (8182) 28-57-91, **e-mail:** khasanovanina@rambler.ru