

БОС-тренинг по variability ритма сердца в кардиореабилитации после аортокоронарного шунтирования

Э.А. Минко^{1,2✉}

¹ Республиканский кардиологический центр, г. Уфа, Россия

² Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

✉ elzaminko@mail.ru

Аннотация

Введение. Актуальность работы базируется на значимости первых реабилитационных этапов в восстановлении пациентов после реконструктивных кардиовмешательств, в связи с чем важен поиск способов усовершенствования различных аспектов, в том числе психологического аспекта, комплексных реабилитационных программ. **Цель:** оценка параметров variability ритма сердца в начале и в конце второго этапа медицинской кардиологической реабилитации с проведением тренинга кардиоуправления после аортокоронарного шунтирования. **Материалы и методы.** Обследовано 73 пациента кардиологического отделения медицинской реабилитации ГБУЗ РКЦ, перенесших операцию на открытом сердце, из них 38 – лица мужского пола (51–78 лет), 35 – женского (55–76 лет). Средний возраст больных составил $64 \pm 6,2$ года. Для формирования навыка психофизиологического расслабления в экспериментальной группе (37 испытуемых) в программу реабилитации был внедрен метод биологической обратной связи, проведено 7–10 сеансов тренинга (в зависимости от продолжительности пребывания пациента в стационаре) по 15 минут в течение 10–14 дней. Осуществлялся мониторинг исследуемых кардиопараметров до и после второго этапа реабилитации. **Результаты.** Программа комплексной реабилитации с использованием метода биологической обратной связи на втором этапе кардиореабилитации характеризуется улучшенными значениями исследуемых показателей variability ритма сердца у пациентов после реваскуляризации миокарда по сравнению с контрольной группой пациентов (не участвовавших в тренинге). **Заключение.** Эмпирические данные подтвердили целесообразность применения метода биологической обратной связи по кардиопоказателям на втором этапе реабилитации после аортокоронарного шунтирования.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, variability ритма сердца, аортокоронарное шунтирование, комплексная реабилитация, второй этап медицинской реабилитации, психофизиологический тренинг, биоуправление.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Минко Э.А. БОС-тренинг по variability ритма сердца в кардиореабилитации после аортокоронарного шунтирования // Психология. Психофизиология. 2022. Т. 15, № 2. С. 133–141. DOI: 10.14529/jpps220212

Original article
DOI: 10.14529/jpps220212

Heart rate variability biofeedback training in rehabilitation after coronary artery bypass grafting

E.A. Minko^{1,2✉}

¹ Republican Cardiological Center, Ufa, Russia

² Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Russia

✉ elzaminko@mail.ru

Introduction. This work is of great relevance because of the importance of early rehabilitation stages in the recovery of patients after cardiac reconstructive surgery. Therefore, there is a need for continuous

improvement of rehabilitation programs, including their psychological aspects. **Aims.** The paper aims to compare heart rate variability measurements before and after heart rate variability biofeedback training in patients after coronary artery bypass grafting. **Materials and methods.** The study involved 73 patients of the rehabilitation cardiology department (Republican Cardiological Center) who underwent coronary artery bypass grafting, of which 38 were males (51–78 years old), 35 were females (51–78 years old). The mean age of the patients was 64 ± 6.2 years. Biofeedback technologies were used to acquire psychophysiological relaxation skills in the experimental group (37 subjects). Patients were asked to undergo 7–10 cardiac control sessions (depending on the duration of in-hospital stay), 15 minutes for 10–14 days. At the beginning and at the end of rehabilitation, heart rate variability was monitored. **Results.** The use of heart rate variability biofeedback training at the second stage of rehabilitation resulted in the improvement of heart rate variability in patients after myocardial revascularization compared with the control group. **Conclusion.** Empirical data confirmed the feasibility of using heart rate variability biofeedback training at the second stage of rehabilitation after coronary artery bypass grafting.

Keywords: biofeedback, heart rate variability, coronary artery bypass grafting, medical rehabilitation, psychophysiological training, cardiac rehabilitation

The author declares no conflict of interest.

For citation: Minko E.A. Heart rate variability biofeedback training in rehabilitation after coronary artery bypass grafting. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya = Psychology. Psychophysiology.* 2022;15(2):133–141. (in Russ.) DOI: 10.14529/jpps220212

Введение

На сегодняшний день сердечнососудистые заболевания (ССЗ) выступают одной из наиболее основных причин смертности и инвалидизации во многих развитых странах мира, включая Российскую Федерацию. Прежде всего это касается ишемической болезни сердца (ИБС), что обуславливает более половины летальных исходов от болезней системы кровообращения [1, 2].

В отношении лечения ИБС в ряде случаев осуществляют реконструктивные кардиовмешательства, в том числе операцию прямой реваскуляризации миокарда, в частности аортокоронарное шунтирование (АКШ). Вследствие АКШ улучшается коронарный кровоток, что нивелирует гипоксию миокарда [2, 3].

Следует отметить, что АКШ не отменяет главных причин заболевания, оно является лишь своего рода одним из этапов комплексного лечения ИБС. Кроме того, тяжелая операция реваскуляризации миокарда закономерно обуславливает возникновение сложных и многообразных (защитно-адаптационных) реакций организма¹ [4]. Они, в свою очередь, могут приобретать патологический характер и проявляться разнообразными осложнениями,

возникающими непосредственно после операционного кардиовмешательства или же в более отдаленном восстановительном периоде. В частности, речь идет о таких осложнениях, как инфаркт миокарда (ИМ), неврологические и инфекционные осложнения, системный воспалительный ответ. Преодоление побочных последствий АКШ, предупреждение и лечение ранних и отдаленных послеоперационных осложнений во многом определяются эффективностью всей программы комплексной реабилитации [3].

Так, сегодня в области восстановительной медицины одним из ведущих направлений является медицинская реабилитация (МР) пациентов кардиохирургического профиля. В частности, МР выступает важнейшим компонентом медицинской помощи больным, перенесшим аортокоронарное шунтирование [5]. Важно подчеркнуть, что успех МР во многом определяет перспективу положительного эффекта АКШ. Это значительно влияет на качество жизни пациента, прошедшего через реваскуляризацию миокарда, его физическое состояние, психосоциальное функционирование, необходимость в повторном реконструктивном кардиовмешательстве и риск послеоперационной смерти [4, 6].

Обзор литературы

Комплексный подход к пациенту предполагает несколько аспектов кардиореабилитации: физический, образовательный, психоло-

¹ Булавин В.В., Щегольков А.М., Коваль А.М. Санаторный этап реабилитации больных ишемической болезнью сердца, перенесших операцию аортокоронарного шунтирования // Сб. науч. работ XVI науч.-практ. конф. врачей. Чита, 1990. С. 84.

гический, профессиональный и медицинский [4, 6]. Для оптимизации реабилитационной программы на второй стационарный этап медицинской реабилитации был внедрен метод биологической обратной связи (БОС).

Метод БОС (адаптивное биоуправление) – это информационная технология, которая сегодня широко используется в клинической практике врачей многих специальностей для лечения и реабилитации пациентов, страдающих разными патологиями [7], в том числе, например, для коррекции и совершенствовании двигательных навыков [8], улучшения кровообращения головного мозга при дисциркуляторной энцефалопатии [9], коррекции психоэмоциональных нарушений [10]. БОС-метод по вариабельности ритма сердца (ВРС) применяется в реабилитации синдрома психофизиологического напряжения при ССЗ [11].

Первое проведение ВРС-контроля в клинической практике принято соотносить с исследованием J. Saul и L. Bernardi, в котором осуществлялась оценка ВРС-показателей при кардиальной трансплантации с целью изучения автономной реиннервации сердца в постоперационном периоде [12]. Результаты, полученные в данном и последующих исследованиях, свидетельствуют в пользу того, что оценка ВРС может рассматриваться в качестве независимого маркера успешности реконструктивных кардиовмешательств. Сегодня ВРС-анализ используется в клинической практике с целью произведения интегральной оценки состояния сердечнососудистой системы, в частности определения эффективности реабилитационных мероприятий. ВРС-анализ позволяет прогнозировать риск развития сердечнососудистых осложнений [13, 14].

Из числа ранних послеоперационных осложнений, влияющих на ход реабилитации, отмечались прежде всего нарушения ритма сердца, трудности заживления послеоперационных ран, реактивный перикардит (воспалительное поражение серозной оболочки сердца), а также гидроторакс (скопление жидкости невоспалительного происхождения в плевральной полости). В период реабилитации пациенты наиболее часто жаловались на одышку во время простой физической нагрузки, общую слабость, боль в области послеоперационного рубца, нарушение сна. При поступлении в отделение реабилитации все пациенты проходили обследования, включающие лабораторную диагностику и ком-

плекс функционально-диагностических исследований: ЭКГ, холтеровское мониторирование (ХМ) сердечного ритма, исследование неспровоцированных дыхательных объемов и потоков или исследование функции внешнего дыхания (ФВД), эхокардиографию (ЭхоКГ), велоэргометрию (ВЭМ); психологическую диагностику, а также мониторинг КИГ. В программу кардиологической комплексной реабилитации 37 больных экспериментальной группы были включены: климатодвигательный режим, диета с ограничением животных жиров, лечебная физкультура (ЛФК), дозированная ходьба, физиотерапевтические процедуры, массаж шейно-грудного отдела позвоночника, психологическое консультирование, медикаментозное лечение – дезагреганты, β -блокаторы, мочегонные по показаниям, а также психофизиологический тренинг с использованием метода биологической обратной связи. В реабилитационную программу 36 пациентов контрольной группы БОС-тренинг не включался.

Целью исследования являлась оценка ВРС-параметров у пациентов, подвергшихся операции АКШ и участвовавших в БОС-тренинге по ВРС на втором стационарном этапе МР. Главной задачей применения технологий функционального биоуправления являлось повышение эффективности комплексной реабилитации пациентов, подвергшихся АКШ, благодаря формированию у них навыка психофизиологического расслабления и, как следствие, улучшению ВРС-параметров.

Материалы и методы

Обследовано 73 пациента кардиологического отделения медицинской реабилитации ГБУЗ «Республиканский кардиологический центр», г. Уфа, подвергшихся операции АКШ. Из них 38 – лица мужского пола (51–78 лет), 35 – женского (55–76 лет). Средний возраст больных составил $64 \pm 6,2$ года. В экспериментальной группе (37 пациентов) в программу реабилитации был внедрен метод БОС с использованием программного модуля реабилитации «Медитация (биоуправление)» аппаратно-программного комплекса (АПК) «Веда Пульс Professional». Пациентам предлагалось пройти 7–10 сессий по 15 минут в течение 10–14 дней под руководством медицинского психолога. В начале и в конце второго этапа кардиореабилитации были осуществлены два мониторинга (измерение 1 и 2) параметров ВРС

с использованием диагностического программного модуля «Академический модуль» АПК «Веда Пульс Professional».

Для оценки ВРС-параметров учитывались геометрические методы, представляющие в образной форме распределение RR-интервалов. Использовался параметр амплитуда моды (АМо), представляющий собой количество или процентную долю кардиоциклов, попадающих под значение моды (Мо), то есть особенно распространенных по длительности RR-интервалов. Также в настоящем исследовании учитывались следующие показатели ВРС: частота сердечных сокращений (ЧСС), выражающаяся числом сердечных систол в единицу времени, а также индексы вариационной пульсометрии, такие как индекс вегетативного равновесия (ИВР), отражающий соотношение симпатических и парасимпатических влияний на СР; вегетативный показатель ритма (ВПР), характеризующий интенсивность влияний парасимпатического звена регуляции; индекс напряжения (ИН) регуляторных систем; показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР). Критериями включения пациентов, подвергшихся АКШ, в экспериментальную группу являлось личное желание пациентов наряду с отсутствием мерцательной аритмии.

С целью определения эффективности БОС-тренинга произведена математико-статистическая обработка полученных дан-

ных. Так как распределение данных не соответствовало нормальному, с учетом числа испытуемых в каждой группе использован непараметрический критерий Т-Уилкоксона для зависимых выборок, а также таблицы сопряженности. Статистическая обработка данных производилась с помощью пакета программ Statistica v.10.0.

Результаты

По итогу второго этапа комплексной реабилитации с использованием метода биологической обратной связи по вариабельности ритма сердца в экспериментальной группе были получены данные, описанные ниже (табл. 1).

Представленные данные свидетельствуют о выраженности благоприятных изменений исследуемых параметров ВРС: цена адаптации, индекс вегетативного равновесия, индекс напряжения регуляторных систем организма, показатель адекватности процессов регуляции ($p \leq 0,01$). А также частоты сердечных сокращений ($p \leq 0,05$).

Результаты исследования показателей ВРС в начале и в конце второго этапа МР пациентов, не участвующих в БОС-тренинге, представлены в табл. 2.

В контрольной группе улучшились средние значения таких показателей, как индекс напряжения регуляторных систем организма, индекс вегетативного равновесия ($p \leq 0,01$), а также частота сердечных сокращений, цена

Таблица 1
Table 1

Сводные данные показателей ВРС в экспериментальной группе HRV measurements in the experimental group

Параметры ВРС Parameter	Начало реабилитации (n = 37) Before rehabilitation	Окончание реабилитации (n = 37) After rehabilitation	Сдвиги Dynamics	
			Абсолютная величина Absolute value	Процент изменений Percent
ЧСС, уд./мин HR, bm	78,10 ± 11,3	75,20 ± 11,80	2,9	3,71
АМо,% Mode amplitude,%	84,77 ± 13,3	64,28 ± 16,10	22,49	26,53
ИВР, у.е. Vegetative balance index, c.u.	2584,20 ± 2455,00	1249,93 ± 1162,00	1332,27	51,55
ПАПР, у.е. Regulatory processes adequacy indicator, c.u.	111,79 ± 29,10	79,33 ± 27,10	32,46	29,04
ВПР, у.е. Vegetative rhythm in- dicator, c.u.	40,77 ± 42,80	24,86 ± 26,50	15,91	39,03
ИН, у.е. Stress index, c.u.	1860,20 ± 2201,00	832,11 ± 885,00	1028,09	55,27

Таблица 2
Table 2

Сводные данные показателей ВРС в контрольной группе HRV measurements in the control group

Параметры ВРС Parameter	Начало реабилитации (n = 36) Before rehabilitation	Окончание реабилитации (n = 36) After rehabilitation	Сдвиги Dynamics	
			Абсолютная величина Absolute value	Процент изме- нений Percent
ЧСС, уд./мин HR, bpm	77,63 ± 13,20	76,88 ± 10,20	0,75	0,97
АМо, % Mode amplitude, %	80,83 ± 16,40	80,62 ± 21,10	0,21	0,26
ИВР, у.е. Vegetative balance index, c.u.	2157,01 ± 2161,40	1889,45 ± 1609,00	268,01	12,43
ПАРП, у.е. Regulatory processes adequacy indicator, c.u.	105,48 ± 33,50	105,05 ± 29,80	0,43	0,41
ВРП, у.е. Vegetative rhythm indicator, c.u.	34,31 ± 36,80	29,65 ± 24,80	4,66	13,58
ИН, у.е. Stress index, c.u.	1539,19 ± 1896,00	1300,16 ± 1294,00	239,03	15,3

адаптации, вегетативный показатель ритма, показатель адекватности процессов регуляции ($p > 0,05$).

Обсуждение

Данные, полученные в ходе настоящего исследования, указывают на высокий уровень индексов вариационной пульсометрии в обеих группах по сравнению с общепринятой нормой [15]. Это хорошо согласуется с известными данными о том, что в раннем постоперационном периоде после АКШ наблюдается выраженное снижение параметров ВРС [16, 17]. Значительно снижается парасимпатический тонус, что выступает прогностически неблагоприятным фактором [18, 19].

Говоря об эффективности тренинга биоуправления, стоит отметить, что, вероятно, она связана прежде всего с возможностью прямого доступа к нейронным сетям неокортекса наряду с пластичностью мозга как его фундаментальным свойством [20]. Полученные в настоящем исследовании данные указывают на то, что оцениваемые параметры ВРС экспериментальной группы претерпели положительную динамику в результате второго этапа МР в большей мере, нежели контрольной. Похожие данные были получены ранее, на пилотном этапе исследования [21]. Это может объясняться тем, что в результате

использования БОС-технологий тренируется навык эффективного снижения напряжения сердца, что подтверждается данными, полученными в экспериментах с использованием БОС-метода по ВРС [22, 23].

Многочисленные исследования демонстрируют, что параметры ВРС являются вполне корректной моделью, интегрально характеризующей в норме и при патологии пределы адаптации ССС [24, 25]. Высокая ЧСС и низкая ВРС являются негативными факторами при оценке функционального состояния [26, 27]. У больных с АГ и цереброваскулярными заболеваниями наблюдается снижение ВРС с доминированием активности СНС². Снижение ВРС коррелирует с возрастом [28, 29].

ВРС-контроль в кардиохирургии применялся и описывался рядом авторов [14, 30]. В частности, было выявлено, что у пациентов, подвергшихся АКШ в условиях ИК, имеется резкое снижение параметров ВРС. При этом важно отметить, что ВРС-анализ проводится в

² Резяпова Э.Р., Абдуллина Г.Р. Показатели вариабельности сердечного ритма и комплекса интима-медиа у пациентов артериальной гипертензией с цереброваскулярной патологией: Матер. 9-го конгр. РОХМиНЭ, 2-го Росс. конгр. «Клиническая электрокардиология» (Суздаль 14–15 мая 2008 г.) // Функциональная диагностика. Спец. выпуск. 2008. № 2. С. 40.

клинической практике с целью коррекции медикаментозной терапии, с учетом вегетативного статуса организма, а также для определения эффективности ведущегося лечения [31]. В ряде исследований показана важность ВНС в регуляции коронарного кровообращения, а также в возникновении спазма коронарной артерии, что при определенных условиях может привести к развитию ишемии миокарда [32, 33]. Таким образом, не вызывает сомнений клинично-функциональное значение оценки параметров ВРС в реабилитации пациентов, перенесших АКШ, что также говорит в пользу использования БОС-метода по ВРС.

Заключение

Использование метода биологической обратной связи по variability ритма сердца на втором стационарном этапе медицинской реабилитации после АКШ сопровождается

достоверно выраженными изменениями в отношении variability ритма сердца: частоты сердечных сокращений, цены адаптации, показателя адекватности процессов регуляции, индекса вегетативного равновесия, индекса напряжения регуляторных систем организма.

Результаты исследования расширяют теоретические представления о возможностях использования БОС-метода с целью совершенствования процесса МР пациентов, подвергшихся операции АКШ. В связи с этим они могут быть использованы специалистами мультидисциплинарных бригад, оказывающими реабилитационную помощь пациентам кардиохирургического профиля, с целью содействия пациенту в отношении развития навыка психофизиологической саморегуляции, что способствует общему успеху реабилитации.

Список источников

1. Шальнова С.А. Оценка суммарного риска сердечно-сосудистых заболеваний // Региональная фармакотерапия в кардиологии. 2005. № 3. С. 54–56.
2. Шабаев И.Ф., Тарасов Р.С., Козырин К.А. Госпитальные результаты миниинвазивного коронарного шунтирования передней нисходящей артерии на работающем сердце // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2019. № 2 (8). С. 58–67.
3. Ардашев В.Н., Щегольков А.М., Мандрыкин Ю.В. Этапная реабилитация больных после операции аортокоронарного шунтирования // Военно-медицинский журнал. 1998. № 3. С. 41–45.
4. Медицинская реабилитация больных ишемической болезнью сердца после операции аортокоронарного шунтирования / А.В. Шакула, С.А. Белякин, А.М. Щегольков [и др.] // Врач. 2007. № 5. С. 1–2.
5. Эффективность медицинской реабилитации при ишемической болезни сердца в составе санаторно-курортного лечения / А.С. Иващенко, В.В. Ежов, Н.А. Северин, Н.А. Прокопенко // Евразийский кардиологический журнал. 2017. № 2. С. 28–32.
6. Замотаев Ю.Н., Кремнёв Ю.А., Подшибякин С.Е. Очерки медицинской реабилитации больных, перенесших аортокоронарное шунтирование. М.: Агентство «Мед S.A». 2005. 191 с.
7. Власова В.П. Возможности БОС-технологий в адаптивном физическом воспитании и реабилитации детей с ограниченными возможностями здоровья // Теория и практика физической культуры. 2016. № 8. С. 32–34.
8. Капилевич Л.В., Кошельская Е.В., Кривошеков С.Г. Физиологические основы совершенствования точности движений на основе стабильного тренинга с биологической обратной связью // Физиология человека. 2015. № 4 (41). С. 73.
9. Голованов А.И. Функциональное биоуправление с биологической обратной связью в реабилитации больных дисциркуляторной энцефалопатией // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. 2004. № 6 (41). С. 134–138.
10. Артемьева Е.Н. Биологическая обратная связь как метод коррекции психоэмоциональных, поведенческих и речевых нарушений у детей младшего школьного возраста // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. 2016. № 2 (37). С. 8–9.
11. Ивановский Ю.В., Сметанкин А.А. Принципы использования метода биологической обратной связи в системе медицинской реабилитации // Общие вопросы применения метода БОС. СПб.: ЗАО «Биосвязь». 2008. С. 20–40.
12. Saul J., Bernardi L. Heart rate variability after cardiac transplantation // Heart Rate Variability / M. Malik, A.J. Camm, eds., N.-Y. Armonk. Futura Publishing Company. Inc. 1995. P. 479–494.

13. Вариабельность сердечного ритма у больных ишемической болезнью сердца при аортокоронарном шунтировании / В.А. Куватов, В.А. Миронов, М.В. Бавыкин, Т.Ф. Миронова // Вестник удмуртского университета. 2012. №2. С. 68–78.
14. Возможность неинвазивной диагностики коронарного рестеноза при оценке динамики показателей вариабельности ритма сердца / А.Т. Тепляков, А.В. Лукинов, А.В. Левшин [и др.] // Клиническая медицина. 2010. № 3. С. 21–26.
15. 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 // *Circulation*. 1996. Vol. 93. P. 1043–1065.
16. Вариабельность ритма сердца до и после операции коронарного шунтирования у больных ИБС / И.В. Киселева, А.А. Агапов, Р.С. Акчурин [и др.] // Кардиология. 2002. № 7. С. 16–20.
17. Hirsch J.A., Bishop B. Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulated heart rate // *American Journal of Physiology*. 1981. Vol. 241, № 4. P. 620–629.
18. Folkow B., Svanborg A. Physiology of cardiovascular aging // *Physiological Reviews*. 1993. Vol. 73, № 4. P. 725–764.
19. Рогозин А.Н. Информативность спектральных показателей вариабельности сердечного ритма // Вестник аритмологии. 2001. № 22. С. 37–40.
20. Демин Д.Б., Поскотинова Л.В. Физиологические основы методов функционального биоуправления // Экология человека. 2014. № 9. С. 48–59.
21. Минко Э.А. Оценка психофизиологической саморегуляции в кардиореабилитации по показателям вариабельности ритма сердца // Психология. Психофизиология. 2021. № 2 (14). С. 123–132. DOI: <https://doi.org/10.14529/jpps210212>
22. Реактивность вегетативной регуляции ритма сердца в процессе курса биоуправления параметрами вариабельности сердечного ритма у педагогов [эл. ресурс] / Л.В. Поскотинова, М.А. Овсянкина, Е.В. Кривоногова, А.В. Мельникова // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19144> (дата обращения: 24.03.2021).
23. Сергеева Е.Г., Ибрагимова Т.В., Дидур М.Д. Биологическая обратная связь и коррекция вариабельности ритма сердца у спортсменов, тренирующихся на выносливость // Интерактивная наука. 2018. № 4 (26). С. 32–36.
24. Альтернативный подход к оценке вариабельности сердечного ритма / Ю.Р. Шейх-Заде, В.В. Скибицкий, А.М. Катханов [и др.] // Вестник аритмологии. 2001. № 22. С. 49–55.
25. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клиническая информатика и телемедицина. 2004. № 1. С. 54–64.
26. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis / S. Akselrod, D. Gordon, J.V. Madwed [et al.] // *American Journal of Physiology*. 1985. Vol. 249. P. 67–75.
27. Hemodynamic and autonomic adjustments to real life stress conditions in humans / D. Lucini, G. Norbiato, M. Clerici [et al.] // *Hypertension*. 2002. Vol. 39 (1). P. 184–188.
28. Бойцов С.А. Возрастные особенности изменения показателей вариабельности сердечного ритма у практически здоровых лиц // Вестник аритмологии. 2002. № 26. С. 57–60.
29. Макаров Л.М. Особенности вариабельности циркадного ритма сердца в условиях свободной активности // Физиология человека. 1998. № 2 (24). С. 56–62.
30. Schwartz P., Ferrari G. Interventions Changing Heart Rate Variability after Acute Myocardial Infarction // *Heart Rate Variability* / Malik M., Camm A.J. (eds). New York: Futura Publishing Company. Inc. 1995. P. 407–420.
31. Минаков Э.В., Дубачев А.А., Минакова Н.Э. Характеристика динамики адаптационного процесса у пациентов, перенесших аортокоронарное шунтирование (на основе оценки вариабельности ритма сердца) // Вестник новых медицинских технологий. 2010. № 2 (XVII). С. 127–131.
32. Pomeranz M., Macaulay R.J.B., Caudill M.A. Assessment of autonomic function in humans by heart ratespectral analysis // *American Journal of Physiology*. 1985. Vol. 246. P. 151–153.
33. DiFrancesco D., Tromba C. Muscarinic control of the hyperpolarizing g-activated current if in rabbit sinoatrial node myocytes // *American Journal of Physiology*. 1988. Vol. 405. P. 493–510.

Поступила 11.01.2022; одобрена после рецензирования 20.03.2022; принята к публикации 01.04.2022.

Информация об авторе:

Минко Эльза Анатольевна, медицинский психолог, Республиканский кардиологический центр (Россия, 450106, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 96); преподаватель, аспирант, кафедра возрастной и социальной психологии, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы (Россия, 450000, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Октябрьской Революции, 3А), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6399-9697>, elzaminko@mail.ru.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

References

1. Shalnova S.A. Assessment of the total risk of cardiovascular diseases. *Regional'naya farmakoterapiya v kardiologii = Regional pharmacotherapy in cardiology*. 2005;3:54–56. (in Russ).
2. Shabaev I.F. Tarasov R.S., Kozyrin K.A. Hospital results of minimally invasive coronary bypass surgery of the anterior descending artery on a working heart. *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistykh zabolevaniy = Complex problems of cardiovascular diseases*. 2019;2(8):58–67. (in Russ).
3. Ardashev V.N., Shchegolkov A.M., Mandrykin Yu.V. Staged rehabilitation of patients after coronary artery bypass surgery. *Voенно-медицинский журнал = Military Medical Journal*. 1998;3:41–45. (in Russ).
4. Shakula A.V., Belyakin S.A., Shchegolkov A.M. et al. Medical rehabilitation of patients with coronary heart disease after coronary artery bypass surgery. *Vrach = Doctor*. 2007;5:1–2. (in Russ).
5. Ivashchenko A.S., Yezhov V.V., Severin N.A., Prokopenko N.A. The effectiveness of medical rehabilitation in ischemic heart disease as part of sanatorium treatment. *Evrasiiskii kardiologicheskii zhurnal = Eurasian Journal of Cardiology*. 2017;2:28–32. (in Russ).
6. Zamotaev Yu.N., Kremnev Yu.A., Podshibyakin S.E. *Ocherki meditsinskoi reabilitatsii bol'nykh, perenesshikh aortokoronarnoe shuntirovanie* [Essays on medical rehabilitation of patients who underwent coronary artery bypass grafting]. Moscow. Aгенство «Med S.A». 2005:191. (in Russ).
7. Vlasova V.P. Possibilities of BOS technologies in adaptive physical education and rehabilitation of children with disabilities. *Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury = Theory and practice of physical culture*. 2016;8:32–34. (in Russ).
8. Kapilevich L.V., Purushskaya E.V., Krivoshchekov S.G. Physiological foundations of improving the accuracy of movements based on stabilographic training with biofeedback. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology*. 2015;4(41):73. (in Russ).
9. Golovanov A.I. Functional biofeedback in the rehabilitation of patients with dyscirculatory encephalopathy. *Izvestiya Taganrogskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta = News TRTU*. 2004;6(41):134–138. (in Russ).
10. Artemyeva E.N. Biological feedback as a method of correction of psychoemotional, behavioral and speech disorders in children of primary school age. *Byulleten' Severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta = Bulletin of the Northern State Medical University*. 2016;2(37):8–9. (in Russ).
11. Ivanovskiy Yu.V., Smetankin A.A. Principles of using the biofeedback method in the system of medical rehabilitation // *Obshchie voprosy primeneniya metoda BOS* [General issues of the application of the method of BFB]. St. Petersburg. CJSC “Biosvyaz” 2008;20–40. (in Russ).
12. Saul J., Bernardi L. Heart rate variability after cardiac transplantation. *Heart Rate Variability*. Eds. M. Malik, A.J. Camm. N.-Y. Armonk. Futura Publ. Comp., Inc. 1995:479–494.
13. Kuvatov V.A., Mironov V.A., Bavykin M.V., Mironova T.F. Heart rate variability in patients with coronary artery disease with coronary artery bypass grafting. *Vestnik Udmurtskogo universiteta = Bulletin of the Udmurt University*. 2012;2:68–78. (in Russ).
14. Teplyakov A.T., Lukinov A.V., Levshin A.V. et al. The possibility of noninvasive diagnosis of coronary restenosis in assessing the dynamics of heart rate variability. *Klinicheskaya medicina = Clinical medicine*. 2010;3:21–26. (in Russ).
15. 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 // *Circulation*. 1996;93:1043–1065.
16. Kiseleva I.V., Agapov A.A., Akchurin R.S. et al. Heart rate variability before and after coronary bypass surgery in patients with coronary artery disease. *Kardiologiya = Cardiology*. 2002;7:16–20. (in Russ).

17. Hirsch J.A., Bishop B. Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulated heart rate. *American Journal of Physiology*. 1981;241(4):620–629.
18. Folkow B., Svanborg A. Physiology of cardiovascular aging. *Physiological Reviews*. 1993;73(4):725–764.
19. Rogozin A.N. Informativeness of spectral indicators of heart rate variability. *Vestnik aritmologii = Bulletin of Arrhythmology*. 2001;22:37–40. (in Russ).
20. Demin D.B., Poskotinova L.V. Physiological bases of functional biofeedback methods. *Ekologiya cheloveka = Human ecology*. 2014;9:48–59. (in Russ).
21. Minko E.A. Evaluation of psychophysiological self-regulation in cardiorehabilitation by heart rate variability indicators. *Psihologiya. Psihofiziologiya = Psychology. Psychophysiology*. 2021;2(14):123–132. DOI: <https://doi.org/10.14529/jpps210212>. (in Russ).
22. Poskotinova L.V., Ovsyankina M.A., Krivonogova E.V., Melnikova A.V. Reactivity of vegetative regulation of heart rhythm in the course of bio-management of heart rate variability parameters in teachers. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2015;1-1 Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19144> (accessed: 03.24.2021). (in Russ).
23. Sergeeva E.G., Ibragimova T.V., Didur M.D. Biofeedback and correction of heart rate variability in athletes training for endurance. *Interaktivnaya nauka = Interactive science*. 2018;4(26):32–36. (in Russ).
24. Sheikhzade Yu.R., Skibitsky V.V., Katkhanov A.M. et al. Alternative approach to the assessment of heart rate variability. *Vestnik aritmologii = Bulletin of Arrhythmology*. 2001;22:49–55. (in Russ).
25. Bayevsky P.M. Analysis of heart rate variability: history and philosophy, theory and practice. *Klinicheskaya informatika i telemedicina = Clinical informatics and telemedicine*. 2004;1:54–64. (in Russ).
26. Akselrod S., Gordon D., Madwed J.B. et al. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. *American Journal of Physiology*. 1985;249:67–75.
27. Lucini D., Norbiato G., Clerici M. et al. Hemodynamic and autonomic adjustments to real life stress conditions in humans. *Hypertension*. 2002;39(1):184–188.
28. Boitsov S.A. Age-related features of changes in heart rate variability in practically healthy individuals. *Vestnik aritmologii = Bulletin of Arrhythmology*. 2002;26:57–60. (in Russ).
29. Makarov L.M. Features of the variability of the circadian rhythm of the heart in conditions of free activity. *Fiziologiya cheloveka = Human physiology*. 1998;2(24):56–62. (in Russ).
30. Schwartz P., Ferrari G. Interventions Changing Heart Rate Variability after Acute Myocardial Infarction. Heart Rate Variability. Eds. Malik M., Camm A.J. New York. Futura Publ. Comp., Inc. 1995. P. 407–420.
31. Minakov E.V., Dubachev A.A., Minakova N.E. Characteristics of the dynamics of the adaptation process in patients undergoing coronary artery bypass grafting (based on the assessment of heart rate variability). *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii = Bulletin of new medical technologies*. 2010;2(XVII):127–131. (in Russ).
32. Pomeranz, M., Macaulay R.J.B., Caudill M.A. Assessment of autonomic function in humans by heart ratespectral analysis. *American Journal of Physiology*. 1985;246:151–153.
33. DiFrancesco D., Tromba C. Muscarinic control of the hyperpolarizing g-activated current in rabbit sinoatrial node myocytes // *American Journal of Physiology*. 1988;405:493–510.

Submitted 11.01.2022; approved after reviewing 20.03.2022; accepted for publication 01.04.2022.

About the author:

Elsa A. Minko, Medical psychologist, Republican Cardiology Center (96 Stepan Kuvykin str., 450106, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia); lecturer, postgraduate student, Department of Age and Social Psychology, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla (3A Oktyabrskaya Revolyutsii str., 450000, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6399-9697>, elzaminko@mail.ru.

The author has read and approved the final manuscript.