

УДК 612.281+612.172.2

DOI: 10.37482/2687-1491-Z042

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗАДАННОГО РИТМА ДЫХАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОБЫ СЕРДЕЧНО-ДЫХАТЕЛЬНОГО СИНХРОНИЗМА

*В.В. Полищук** ORCID: [0000-0003-4957-2475](https://orcid.org/0000-0003-4957-2475)
*М.А. Челядинова** ORCID: [0000-0002-1989-5030](https://orcid.org/0000-0002-1989-5030)
*Т.Р. Губайдуллин** ORCID: [0000-0002-1463-7024](https://orcid.org/0000-0002-1463-7024)

*Кубанский государственный медицинский университет
(г. Краснодар)

Представлено направление оптимизации проведения исследования регуляторно-адаптивных возможностей (РАВ) человека методом сердечно-дыхательного синхронизма (СДС). Участники исследования – юноши в возрасте 19 ± 1 лет – были разделены на две группы: основную ($n = 30$) и контрольную ($n = 30$). В основной группе перед проведением проб СДС выполнялся комплекс приемов для облегчения воспроизведения задаваемого ритма дыхания испытуемым: освобождение одной руки от ЭКГ-электрода за счет записи одного отведения (II или III), достаточной для контроля частоты сердечных сокращений, для удобства испытуемого (с определением двигательной асимметрии полушарий головного мозга); просмотр обучающей видеозаписи, демонстрирующей испытуемому алгоритм предстоящего исследования; идеомоторная тренировка; определение латентного периода простой сенсомоторной реакции на звуковой и световой раздражители в качестве подготовки к исследованию. Степень соответствия воспроизведенного и заданного ритмов дыхания в основной группе была выше, чем в контрольной, – ($M \pm SD$) $47,0 \pm 15,7$ %. Максимальное количество точных дыхательных циклов, воспроизведенных подряд в первой пробе, также продемонстрировало преимущества основной группы, где данный показатель составил $10,3 \pm 3,4$ цикла. Количество дыхательных циклов от начала первой пробы до точного воспроизведения задаваемого ритма снизилось в основной группе по сравнению с контрольной на 76,3 %. Корреляционный анализ не выявил связи между РАВ и точностью воспроизведения ритма дыхания (коэффициент корреляции составил $-0,115$ при $p = 0,536$). Длительность тестирования в контрольной группе статистически значимо ($p < 0,001$ по критерию Манна–Уитни) превышала длительность тестирования в основной группе (на 10,2 мин). Таким образом, исследование продемонстрировало действенность предложенных приемов оптимизации проведения пробы СДС, что может способствовать еще более широкому распространению данного метода.

Ключевые слова: метод сердечно-дыхательного синхронизма, электрокардиограмма, пневмограмма, регуляторно-адаптивные возможности, идеомоторная тренировка, произвольное дыхание.

Ответственный за переписку: Полищук Владимир Владимирович, адрес: 350063, г. Краснодар, ул. М. Седина, д. 4; e-mail: kubmedvestnik@gmail.com

Для цитирования: Полищук В.В., Челядинова М.А., Губайдуллин Т.Р. Оптимизация воспроизведения заданного ритма дыхания при проведении пробы сердечно-дыхательного синхронизма // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 1. С. 45–50. DOI: 10.37482/2687-1491-Z042

Дыхание – единственная вегетативная система организма, подчиняющаяся сознательному управлению человеком. Существуют методики, использующие эту возможность в диагностических и лечебных целях [1, 2]. Профессором Кубанского государственного медицинского университета (КубГМУ) В.М. Покровским предложен метод, в основе которого лежит феномен сердечно-дыхательного синхронизма (СДС), наблюдаемый при сознательном управлении частотой дыхания. Увеличение частоты дыхания до величин, соизмеримых с частотой сердцебиения, приводит к уменьшению глубины вдоха. Физиологически выдох влечет за собой вдох, поэтому при дыхании в такт стимулятору, подающему комбинированные (звуковой и световой) сигналы с определенной частотой, более естественно делать выдох. Исследования показали, что при правильном (когда частота дыхания и стимулятора совпадают), точном дыхании в одной пробе сердце начинает сокращаться с частотой, равной частоте дыхания, а в другой пробе – не синхронизируется с дыханием. Метод СДС предусматривает несколько проб, при этом каждая последующая проба проводится с нарастающей частотой сигналов стимулятора, в такт которым человек совершает выдох [3].

По параметрам СДС можно судить о регуляторно-адаптивных возможностях (РАВ) организма, которые зависят, как известно, от пола, возраста, функционального состояния организма, стрессоустойчивости человека, у пациентов – от тяжести течения заболевания [4–6]. В связи с этим совершенствование методики, направленное на уменьшение уровня тревожности, повышение комфортности и сокращение времени исследования, имеет большое значение. Тестирование включает определение исходной частоты сердечных сокращений (ЧСС), последовательность проб и периоды восстановления исходной ЧСС между пробами. Точное воспроизведение заданного ритма дыхания – важное условие объективной оценки РАВ организма человека, которые зависят от взаимодействия между нервными центрами

сердца и дыхания в продолговатом мозге, что отображается возникновением СДС [7].

Цель исследования – оптимизация воспроизведения заданного ритма дыхания при проведении пробы СДС для сокращения времени тестирования. Нами предложены следующие приемы для облегчения воспроизведения задаваемого ритма дыхания испытуемым, эффективность которых оценивается в данном исследовании: освобождение одной руки от ЭКГ-электрода (за счет записи одного отведения (II или III), достаточной для контроля ЧСС) для удобства испытуемого (с определением двигательной асимметрии полушарий головного мозга); просмотр обучающей видеозаписи, демонстрирующей испытуемому алгоритм предстоящего исследования; идеомоторная тренировка; определение латентного периода простой сенсомоторной реакции на звуковой и световой раздражители в качестве подготовки к исследованию.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 60 студентов-добровольцев КубГМУ мужского пола в возрасте 19 ± 1 год, давших письменное информированное согласие на участие. Исследование было проведено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной Медицинской Ассоциации. У испытуемых опытной группы ($n = 30$) оценивались параметры СДС посредством системы, включающей прибор «ВНС-Микро» (ООО «Нейрософт», Россия), позволяющий записывать одновременно пневмограмму (ПГ) и электрокардиограмму (ЭКГ), и специально созданную программу для автоматического определения параметров СДС [8, 9]; количество проб варьировалось от 4 до 10 в зависимости от параметров СДС для каждого испытуемого [3]. Впервые при исследовании накладывались только три ЭКГ-электрода, при этом освобождалась доминирующая рука после определения моторной асимметрии рук по традиционной методике А.Р. Лурии. Впервые была применена идеомоторная тренировка с видеоинструкцией, а также тренировка реакции на предъявляемый сигнал стимулятора (проба простой сенсомо-

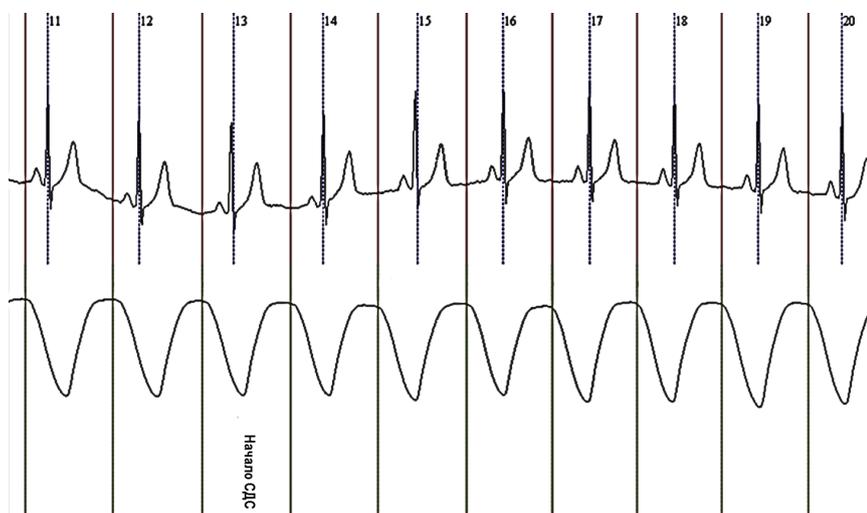
торной реакции). Новые условия использованы с целью повысить комфортность тестирования для исследуемого человека, уменьшить психоэмоциональную нагрузку, повысить доминантность произвольного дыхания. Контрольную группу составили студенты ($n = 30$), у которых параметры СДС определялись по общепринятой методике [3], без предлагаемых нами приемов усовершенствования. Был проведен анализ записей первых проб всех участников исследования для соблюдения условия выполнения впервые поставленной задачи. Оценивалась точность воспроизведения задаваемого стимулятором ритма дыхания – процентное отношение количества совпавших отметок дыхательных циклов и отметок стимулятора к общему количеству поданных стимулятором сигналов в пробе (см. рисунок). Также учитывалось время тестирования. При проведении исследования фиксировались значимые параметры СДС, по которым программой рассчитывался индекс регуляторно-адаптивного статуса (ИРАС) [3].

Полученные данные были статистически обработаны с помощью программы Statistica 10.

Распределение переменных оценивалось по критерию Шапиро–Уилка, данные представлены как медиана (1-й; 3-й квартили) или среднее арифметическое \pm стандартное отклонение с учетом нормальности распределения. Значимость различий между переменными, распределение которых отличалось от нормального, оценивалась с помощью критерия Манна–Уитни. Выполнен корреляционный анализ с оценкой коэффициента Спирмена. Результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Длительность тестирования в контрольной группе статистически значимо превышала таковую в основной группе ($p < 0,001$ по критерию Манна–Уитни). Общее время тестирования для основной группы составило 6,2 (5,1; 9,3) мин, для контрольной группы – на 10,2 мин больше (16,4 (15,4; 18,2) мин).

В первой пробе у лиц контрольной группы точность воспроизведения ритма дыхания в среднем составила $31,0 \pm 12,4\%$, при этом у 16,7% исследуемых первая проба обрывалась автоматически с результатом «частота дыхания не



Фрагмент записи пробы СДС. Верхняя кривая – электрокардиограмма, нижняя – пневмограмма. Короткие пунктирные линии визуализируют частоту сердцебиения; сплошные вертикальные линии – отметки сигналов стимулятора, совпадающие с отметками частоты дыхательных циклов; цифры – время пробы в секундах

A Fragment of a CRS Recording

совпадает с частотой стимулятора». В основной группе точность воспроизведения составила $47,0 \pm 15,7$ %, при этом не наблюдалось ни одного случая досрочного прекращения пробы из-за несовпадения воспроизводимой частоты дыхания и частоты, задаваемой стимулятором.

Количество дыхательных циклов от начала первой пробы до точного воспроизведения задаваемого ритма в основной группе было ниже ($5,2 \pm 1,7$ цикла) по сравнению с контрольной ($21,9 \pm 6,5$ цикла) на 76,3 %. Максимальное количество дыхательных циклов в первой пробе, выполненных последовательно в точном соответствии с подаваемыми программой сигналами, составило $6,0 \pm 1,4$ цикла в контрольной группе и $10,3 \pm 3,4$ цикла – в основной. Не все исследуемые, которые точно воспроизводили заданный стимулятором ритм дыхания уже в первой пробе, имели хорошие РАВ и высокий ИРАС, отражающий РАВ [3, с. 240]. Корреляционный анализ не выявил связи между ИРАС и точностью воспроизведения ритма дыхания

в первой пробе (коэффициент корреляции составил $-0,115$ при $p = 0,536$).

Обсуждение. Определение уровня РАВ предусматривает интегративную оценку, т. к. вегетативное обеспечение различных форм адаптивных и стрессорных реакций организма осуществляется посредством вовлечения важнейших вегетативных функций дыхания и сердцебиения. Оптимизация воспроизведения заданного ритма дыхания при проведении пробы СДС способствует более быстрому определению РАВ.

Исследование показало действенность предложенного направления оптимизации проведения пробы СДС, ориентированного на сокращение времени тестирования, создание более комфортных условий для испытуемых, что будет способствовать широкому использованию метода, который получает распространение и за рубежом [10–12]. В нашей стране метод СДС высоко оценили специалисты в различных областях.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Лавров Н.Н. Дыхательная гимнастика Стрельниковой: моногр. М.: Мир книги Ритейл, 2012. 191 с.
2. Иванов И.В., Желтый О.П., Иценко П.В. Использование метода специальных дыхательных и идеомоторных упражнений для психокоррекции адаптационных нарушений у летного состава // Авиакосм. и экол. медицина. 2018. Т. 52, № 3. С. 54–61. DOI: [10.21687/0233-528X-2018-52-3-54-61](https://doi.org/10.21687/0233-528X-2018-52-3-54-61)
3. Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивных возможностей организма: моногр. / под ред. В.М. Покровского. Краснодар: Кубань-Книга, 2010. 244 с.
4. Бурлуцкая А.В. Проба сердечно-дыхательного синхронизма как метод дифференциальной диагностики синдрома слабости синусового узла функциональной и органической природы // Науч. журн. КубГАУ. 2015. № 111(07). С. 1369–1382. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/88.pdf> (дата обращения: 10.07.2020).
5. Покровский В.М., Мингалев А.Н. Регуляторно-адаптивный статус в оценке стрессоустойчивости человека // Физиология человека. 2012. Т. 38, № 1. С. 77–81.
6. Самородская Н.А. Сердечно-дыхательный синхронизм как метод контроля эффективности медикаментозной терапии у больных с гипертонической болезнью в сочетании с ревматоидным артритом // Рос. науч. журн. 2012. № 4(29). С. 305–307.
7. Сичинава Д.К., Похотько А.Г., Глумскова Ю.Д. Роль структур ствола мозга в реализации пробы сердечно-дыхательного синхронизма // Фундам. исслед. 2014. № 7-4. С. 786–789.
8. Полищук Л.В., Усатилов С.В., Шкиря Т.В., Покровский В.М. Статистическое прогнозирование в создании экспресс-методики определения уровня регуляторно-адаптивного статуса организма человека // Кубан. науч. мед. вестн. 2014. № 6(148). С. 65–70.
9. Полищук Л.В. Экспресс-модификация метода определения регуляторно-адаптивных возможностей организма человека // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2014. Т. 16, № 5(4). С. 1238–1240.

10. Krause H., Kraemer J.F., Penzel T., Kurths J., Wessel N. On the Difference of Cardiorespiratory Synchronisation and Coordination // *Chaos*. 2017. Vol. 27, № 9. Art. № 093933. DOI: [10.1063/1.4999352](https://doi.org/10.1063/1.4999352)
11. Perry S., Khovanova N.A., Khovanov I.A. Control of Heart Rate Through Guided High-Rate Breathing // *Sci. Rep.* 2019. Vol. 9. Art. № 1545. DOI: [10.1038/s41598-018-38058-5](https://doi.org/10.1038/s41598-018-38058-5)
12. Solá-Soler J., Cuadros A., Giraldo B.F. Cardiorespiratory Phase Synchronization Increases During Certain Mental Stimuli in Healthy Subjects // 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). Honolulu, 2018. P. 5298–5301. DOI: [10.1109/EMBC.2018.8513471](https://doi.org/10.1109/EMBC.2018.8513471)

References

1. Lavrov N.N. *Dykhatel'naya gimnastika Strel'nikovoy* [Strelnikova Breathing Exercises]. Moscow, 2012. 191 p.
2. Ivanov I.V., Zheltyy O.P., Ishchenko P.V. Ispol'zovanie metoda spetsial'nykh dykhatel'nykh i ideomotornykh uprazhneniy dlya psikhokorreksii adaptatsionnykh narusheniy u letnogo sostava [Use of the Method of Special Breathwork and Ideomotor Exercises for Psycho-Correction of Adaptation-Related Disorders in Flying Personnel]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2018, vol. 52, no. 3, pp. 54–61. DOI: [10.21687/0233-528X-2018-52-3-54-61](https://doi.org/10.21687/0233-528X-2018-52-3-54-61)
3. Pokrovskiy V.M. (ed.). *Serdechno-dykhatel'nyy sinkhronizm v otsenke regulatorno-adaptivnykh vozmozhnostey organizma* [Cardiorespiratory Synchronism in the Assessment of Body's Regulatory and Adaptive Abilities]. Krasnodar, 2010. 244 p.
4. Burlutskaya A.V. Proba serdechno-dykhatel'nogo sinkhronizma kak metod differentsial'noy diagnostiki sindroma slabosti sinusovogo uzla funktsional'noy i organicheskoy prirody [Cardiopulmonary Synchronism Test as a Method of Differential Diagnosis of Sick Sinus Syndrome of Functional and Organic Origin]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*, 2015, no. 111, pp. 1369–1382. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/88.pdf> (accessed: 10 July 2020).
5. Pokrovsky V.M., Mingalev A.N. The Regulatory-Adaptive State and Evaluation of Stress Resistance in Humans. *Hum. Physiol.*, 2012, vol. 38, no. 1, pp. 63–66.
6. Samorodskaya N.A. Serdechno-dykhatel'nyy sinkhronizm kak metod kontrolya effektivnosti medikamentoznoy terapii u bol'nykh s gipertonicheskoy bolezn'yu v sochetanii s revmatoidnym artritom [Cardio-Respiratory Synchronism as a Method of Drug Therapy Efficiency Control in Patients with Hypertension in Combination with Rheumatoid Arthritis]. *Rossiyskiy nauchnyy zhurnal*, 2012, no. 4, pp. 305–307.
7. Sichinava D.K., Pokhot'ko A.G., Glumskova Yu.D. Rol' struktur stvola mozga v realizatsii proby serdechno-dykhatel'nogo sinkhronizma [Role of Brain Stem Structures in the Implementation of the Cardiorespiratory Synchronism Test]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, no. 7-4, pp. 786–789.
8. Polishchuk L.V., Usatkov S.V., Shkirya T.V., Pokrovskiy V.M. Statisticheskoe prognozirovaniye v sozdaniye ekspress-metodiki opredeleniya urovnya regulatorno-adaptivnogo statusa organizma cheloveka [Statistical Forecasting When Creating the Quick Technique of Determining a Level of Regulatory and Adaptive Status of the Human Body]. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik*, 2014, no. 6, pp. 65–70.
9. Polishchuk L.V. Ekspress-modifikatsiya metoda opredeleniya regulatorno-adaptivnykh vozmozhnostey organizma cheloveka [Express Modification of Determination Method of Regulatory and Adaptive Capabilities of Human Organism]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2014, vol. 16, no. 5, pp. 1238–1240.
10. Krause H., Kraemer J.F., Penzel T., Kurths J., Wessel N. On the Difference of Cardiorespiratory Synchronisation and Coordination. *Chaos*, 2017, vol. 27, no. 9. Art. no. 093933. DOI: [10.1063/1.4999352](https://doi.org/10.1063/1.4999352)
11. Perry S., Khovanova N.A., Khovanov I.A. Control of Heart Rate Through Guided High-Rate Breathing. *Sci. Rep.*, 2019, vol. 9. Art. no. 1545. DOI: [10.1038/s41598-018-38058-5](https://doi.org/10.1038/s41598-018-38058-5)
12. Solá-Soler J., Cuadros A., Giraldo B.F. Cardiorespiratory Phase Synchronization Increases During Certain Mental Stimuli in Healthy Subjects. *40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. Honolulu, 2018, pp. 5298–5301. DOI: [10.1109/EMBC.2018.8513471](https://doi.org/10.1109/EMBC.2018.8513471)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z042

*Vladimir V. Polishchuk** ORCID: [0000-0003-4957-2475](https://orcid.org/0000-0003-4957-2475)
*Marina A. Chelyadinova** ORCID: [0000-0002-1989-5030](https://orcid.org/0000-0002-1989-5030)
*Timur R. Gubaydullin** ORCID: [0000-0002-1463-7024](https://orcid.org/0000-0002-1463-7024)

*Kuban State Medical University
(Krasnodar, Russian Federation)

OPTIMIZATION OF REPRODUCING THE SET BREATHING RHYTHM DURING A CARDIORESPIRATORY SYNCHRONISM TEST

This article analyses optimization guidelines for assessment of human regulatory and adaptive capabilities (RAC) using the cardiorespiratory synchronism (CRS) method. The study participants aged 19 ± 1 were randomized into two groups: main group ($n = 30$) and reference group ($n = 30$). In the main group, before conducting the CRS tests, a number of techniques were applied to facilitate reproduction of the set breathing rhythm by the subject: relieving one hand from the ECG electrode by recording a single lead (II or III), which is sufficient to monitor heart rate, for the subject's convenience (with detecting motor asymmetry of the hemispheres); viewing an instructional video showing the algorithm of the upcoming test to the subject; ideomotor training; detecting the latent period of a simple sensorimotor reaction to sound and light stimuli as a preparation for the test. The degree of correspondence between the reproduced and the set breathing rhythms in the main group was $47.0 \pm 15.7\%$ ($M \pm SD$), which is higher than in the reference group. The maximum number of exact respiratory cycles repeated in a row in the first test also demonstrated the advantages of the main group, where this indicator was 10.3 ± 3.4 cycles. The number of respiratory cycles from the beginning of the first test to the exact reproduction of the set rhythm decreased in the main group compared to the reference group by 76.3%. The correlation analysis revealed no relationship between RAC and the accuracy of breathing rhythm reproduction (correlation coefficient was -0.115 at $p = 0.536$). Testing duration in the reference group significantly ($p < 0.001$ according to Mann–Whitney U -test) exceeded that in the main group (by 10.2 min). Thus, the research demonstrated the effectiveness of the proposed techniques for optimizing the CRS test, which can contribute to an even wider spread of this method.

Keywords: *cardiorespiratory synchronism method, electrocardiogram, pneumogram, regulatory and adaptive capabilities, ideomotor training, conscious control of breathing.*

Поступила 13.08.2020

Принята 23.01.2021

Received 13 August 2020

Accepted 23 January 2021

Corresponding author: Vladimir Polishchuk, address: ul. M. Sedina 4, Krasnodar, 350063, Russian Federation; e-mail: kubmedvestnik@gmail.com

For citation: Polishchuk V.V., Chelyadinova M.A., Gubaydullin T.R. Optimization of Reproducing the Set Breathing Rhythm During a Cardiorespiratory Synchronism Test. *Journal of Medical and Biological Research*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 45–50. DOI: 10.37482/2687-1491-Z042