

В.Ю. Сулин, С.И. Гуляева, Г.А. Вашанов, И.А. Лавриненко
АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ КАРДИОРИТМА СТУДЕНТОВ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПРОБ

ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, каф. физиологии человека и животных

Резюме. У 32 студентов-добровольцев с использованием фотоплетизмографического датчика зарегистрирован кардиоритм в функциональных состояниях покоя и при выполнении дыхательных проб с регулируемой частотой 12 дыханий/мин. и 6 дыханий/мин. Проведен статистический анализ длительности кардиоинтервалов и дана функциональная оценка кардиоритма в соответствии с критериями Р.М. Баевского. На основе сравнительного анализа variability сердечного ритма установлено, что переход с произвольного на регулируемое дыхание у большинства обследуемых студентов вызвал одновременное усиление частоты сердечных сокращений и дыхательной аритмии. Изменение variability кардиоритма студентов зависело от его исходных параметров. Возможно, выявленные изменения variability кардиоритма обследованных студентов при выполнении дыхательных проб отражают напряжение вегетативных механизмов кардиорегулирования.

Ключевые слова: студенты-добровольцы, кардиоритм, вариационная пульсометрия, дыхательная проба.

Актуальность. Анализ variability сердечного ритма (BCP) широко используется в физиологии труда и спорта, экспериментальной и космической физиологии [1], в современных диагностических методах исследований при ишемической болезни сердца и остром коронарном синдроме. В 2020 г. получены данные, указывающие, что вирус SARS-CoV-2 (COVID-19) может вызывать повреждение сердца и сосудов, а значит – увеличивать риски развития сердечно-сосудистых заболеваний [2, 3].

По мнению Л.А. Бокерия определение BCP является наиболее информативным неинвазивным методом количественной оценки вегетативной регуляции сердечного ритма. В параметрах BCP находят отражение жизненно важные показатели управления физиологическими функциями организма – вегетативный баланс и функциональные резервы механизмов его управления [4]. Диагностическая ценность анализа BCP возрастает с использованием функциональных проб и нагрузок [5].

Регистрацию и анализ BCP в условиях контролируемого дыхания с частотой 6 дыхательных движений в минуту используют как для оценки адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы [6], так и в современных клинко-диагностических исследованиях [7, 8, 9, 10].

Материал и методы исследования. Исследование с участием 32 студентов-добровольцев проведено на кафедре физиологии человека и животных Воронежского госуниверситета.

Кардиоритм (КР) регистрировали с помощью пульсоксиметра «Элокс-01» с использованием пальцевого фотоплетизмографического датчика с аналого-цифровым преобразователем. Определение длительности кардиоинтервалов осуществляли с помощью специально разработанной на кафедре физиологии человека и животных программы «Пульсоксиметр».

Регистрацию кардиоритма проводили в течение 2 минут в каждом из соответствующих функциональных состояний: исходное состояние функционального покоя с произвольным дыханием (15-17 дыханий в минуту); при регулируемом дыхании с частотой 12 дыхательных циклов в минуту; при регулируемом дыхании с частотой 6 дыхательных циклов в минуту; в состоянии функционального покоя после проведения дыхательных проб (произвольное дыхание).

После выделения кардиоинтервалов проводили статистическую обработку кардиоритма методом вариационной пульсометрии с учетом методических рекомендаций по анализу вариабельности сердечного ритма рабочей группы Европейского Кардиологического общества и Американского общества стимуляции и электрофизиологии и группы Российских специалистов [11, 12].

Статистический анализ кардиоритма включал расчет средних значений длительности кардиоинтервалов, среднего квадратического отклонения (СКО, SDNN), коэффициента вариации. Функциональная оценка кардиоритма в соответствии с критериями

Р.М. Баевского [1, 13] включала характеристику основных функциональных особенностей сердечного ритма: суммарного эффекта регуляций и уровня автоматизма сердечной деятельности.

Статистическую обработку анализируемых показателей проводили с помощью пакетов программ Excel и Stadia. Достоверность различий групповых показателей определяли по коэффициентам t-Стьюдента.

Полученные результаты и их обсуждение. По результатам наших исследований установлено, что средняя ЧСС обследованных студентов в исходном состоянии функционального покоя составила 77,6 уд./мин. (длительность RR-интервалов $773,2 \pm 17,5$ мс). В условиях регулируемого дыхания (12 дыхательных циклов в минуту и 6 дыхательных циклов в минуту) средняя частота сердечных сокращений достоверно увеличивалась до 84 уд./мин ($p < 0,05$). После выполнения дыхательных проб в течение двух минут ЧСС обследуемых студентов значимо не изменялась (таблица).

Таблица

Динамика параметров кардиоритма обследуемых студентов в условиях функционального покоя и при выполнении дыхательных проб

Параметр	исходное СФП		12 дыханий/мин.		6 дыханий/мин.		после ДП	
	среднее	ошибка сред.	среднее	ошибка сред.	среднее	ошибка сред.	среднее	ошибка сред.
RR (мс)	773,2	17,51	714,7	15,67	715,9	15,02	724,8	16,59
СКО (мс)	52,3	3,43	102,9	4,15	111,4	4,59	75,2	3,11
КВ (мс)	6,70	0,36	14,30	0,40	15,43	0,41	10,29	0,27

Обозначения: RR – среднее значение длительности RR интервалов, СКО – среднее квадратическое отклонение, КВ – коэффициент вариации, СФП – состояние функционального покоя; ДП – дыхательные пробы

В условиях регулируемого дыхания (12 дыхательных циклов в минуту и 6 дыхательных циклов в минуту) средние значения среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации кардиоинтервалов достоверно увеличивались более чем в

два раза ($p < 0.01$). После выполнения дыхательных проб в течение двух минут средние величины СКО и КВ обследуемых студентов достоверно снижались, но в 1.5 раза превышали исходный уровень (таблица).

На основе анализа суммарного эффекта регуляций установлено, что в условиях функционального состояния покоя выраженная тахикардия (ВТ) наблюдалась у 21.8% обследованных студентов, умеренная тахикардия (УТ) - у 37.5%, нормокардия (НК) - у 40.6%.

При переходе из исходного состояния функционального покоя к состоянию с регулируемым дыханием (12 дых./ мин.) у 37.5% обследованных студентов с НК и УТ кардиоритмом ЧСС увеличивалась и только у трех (9.4%) студентов с УТ изменение характера дыхания приводило к урежению ЧСС. Снижение частоты дыхания в 2 раза (до 6 дых./мин.) не оказывало существенного изменения на характер кардиоритма у студентов с УТ и ВТ ритмом сердца, в то время как у 4 студентов с нормокардией установлено значимое увеличение ЧСС. Переход к саморегулируемому дыханию у 5 студентов с ВТ и УТ ритмом отражался в снижении ЧСС, а у 2 студентов с НК – напротив, в увеличении ЧСС (рис. 1).

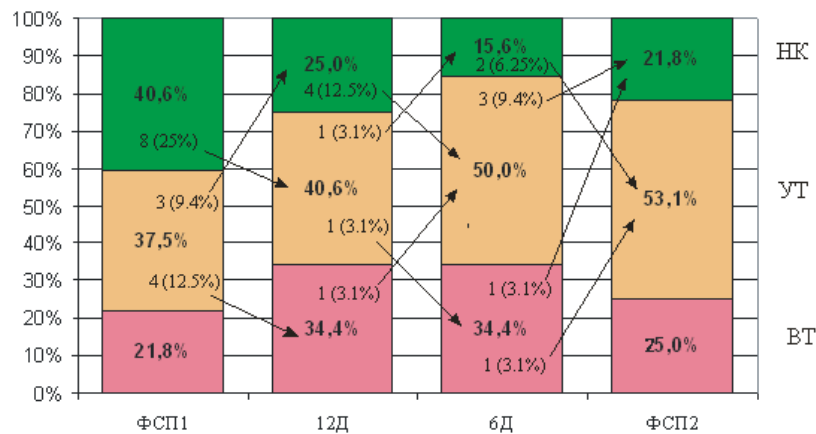


Рис. 1. Характер распределения кардиоритма обследованных студентов по параметрам суммарного эффекта регуляций в условиях функциональных дыхательных проб

Обозначения: ФСП1 - функциональное состояние покоя до проведения дыхательных проб; 12д - 12 дыхательных циклов в минуту; 6д - 6 дыхательных циклов в минуту; ФСП2 - функциональное состояние покоя после проведения дыхательных проб; НК - нормокардия; УТ - умеренная тахикардия; ВТ - выраженная тахикардия.

На основе анализа функции автоматизма регуляций установлено, что в условиях функционального состояния покоя умеренная синусовая аритмия (УСА) наблюдалась у 59.4% обследованных студентов, выраженная синусовая аритмия (ВСА) - у 37.5% и умеренное нарушение автоматизма - у 3.1%. В условиях регулируемого дыхания (12 дыхательных циклов в минуту) число студентов с УСА уменьшилось до 28.1%, а с ВСА увеличилось до 65.6%. При урежении дыхания до 6 дыхательных циклов в минуту процент студентов с УСА уменьшился до 9.3%, с ВСА до 59.4%, а с УНА возрос в пять раз и составил 31.2%. После выполнения дыхательных проб процент

студентов с УСА составил 78.1%, что превышает предыдущий показатель в восемь раз, процент студентов с ВСА составил 21.9% (рис. 2).

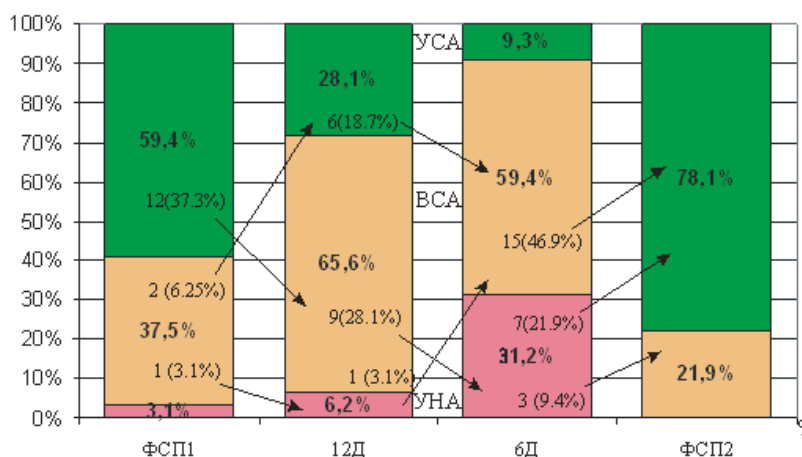


Рис. 2. Характер распределения кардиоритма обследованных студентов по параметрам функции автоматизма в условиях функциональных дыхательных проб
 Обозначения: ФСП1 - функциональное состояние покоя до проведения дыхательных проб; 12д - 12 дыхательных циклов в минуту; 6д - 6 дыхательных циклов в минуту; ФСП2 - функциональное состояние покоя после проведения дыхательных проб; УСА - умеренная синусовая аритмия; ВСА - выраженная синусовая аритмия; УНА - умеренное нарушение автоматизма.

По мнению ряда авторов, функциональные пробы с регулируемым по частоте дыханием (6 дыхательных циклов в минуту) позволяют оценить влияние парасимпатических нервно-гуморальных регуляций на сердечную деятельность и систему внешнего дыхания. Синхронизация частот ритма сердца и дыхания объясняется близостью нейронов сердечного-сосудистого центра продолговатого мозга с нейронами дыхательного центра и дальнейшей передачей возбуждения по блуждающему нерву [7, 14, 15, 16].

Выводы. По результатам наших исследований в обследуемой группе студентов-добровольцев, находящихся в состоянии функционального покоя, переход на регулируемое дыхание с частотой ниже произвольного вызывал изменение ВСР, характер которого зависел от исходных параметров кардиоритма. У большинства студентов при выполнении дыхательных проб с частотой дыхания 12 дых. /мин. и 6 дых. /мин. было зарегистрировано увеличение ЧСС (в 75% и более) и усиление дыхательной синусовой аритмии. Выявленные в результате наших исследований изменения ВСР у большинства обследованных студентов в виде одновременного увеличения синусовой аритмии и ЧСС можно рассматривать как определенное рассогласование в механизмах вегетативных регуляций и снижение адаптационного потенциала кардио-респираторной системы.

Литература.

1. Новые приборы для анализа вариабельности сердечного ритма в космической медицине и перспективы их использования в клинической медицине и в прикладной физиологии: материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова / Е.Ю. Берсенев [и др.]. – М.: Истоки, 2017. – С. 2424-2426.

2. Явелов И.С. COVID-19 и сердечно-сосудистые заболевания / И.С. Явелов // Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний. – 2020. – Т. 8, № 27. – С. 4-13.
3. ESC Guidance for the Diagnosis and Management of CV Disease during the COVID-19 Pandemic. https://www.escardio.org/Education/COVID-19-and-Cardiology/ESC_COVID-19-Guidance.
4. Бокерия Л.А. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование / Л.А. Бокерия, О.Л. Бокерия, И.В. Волковская // Анналы аритмологии. – 2009. – № 4. – С. 21-32.
5. Функциональные нагрузочные пробы в кардиологии / И.В. Сергиенко [и др.] – М., 2021. – 54 с.
6. Астахов С.И. Адаптивно-компенсаторная вариабельность ритма сердца у студентов / С.И. Астахов [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2014. – Т. 14, № 4. – С. 33-41.
7. Нестеров В.П. Пульсометрический анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы у человека / В.П. Нестеров, А.И. Бурдыгин, С.В. Нестеров // Физиология человека. – 2017. – Т. 43, № 6. – С. 54-62.
8. Лаптев Д.Н. Кардиоваскулярная форма автономной нейропатии у детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа: клинико-диагностические маркеры, ассоциированные сердечно-сосудистые факторы риска и современные возможности профилактики / Д.Н. Лаптев. – дисс. на соискание ученой степени д.м.н. – Москва, – 2018. – 238 с.
9. Журавлёв Д.В. Особенности состояния вегетативной нервной системы у пациентов с фармакорезистентной эпилепсией / Д.В. Журавлёв. – дисс. на соискание учёной степени к.м.н. – Москва, 2019. – 135 с.
10. Симонян М.А. Возможности фотоплетизмографии как метода скрининга патологии сердечно – сосудистой системы / М.А. Симонян, О.М. Посненкова, А.Р. Киселев // Фундаментальные исследования в кардиологии. – 2020. – Т. 7., Вып. 1. – С. 1-5: Кардио-ИТ DOI: 10.15275/cardioit.2020.0102 1/5 2020
11. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use // Eur. Heart J. - 1996. – V. 17, March. - P. 354-381.
12. Рабочая группа Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования // Вестн. Аритмол. - 1999. – №11. - С. 53-78.
13. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева – М.: Медицина, 1997. – 265 с.
14. Божокин С.В. Нестационарная вариабельность сердечного ритма во время дыхательных проб / С.В. Божокин [и др.] // Физиология человека. – 2018. – Т. 44, № 1 – С. 39-48.
15. Pokrovskii V.M. On the conscious control of the human heart / V.M. Pokrovskii, L.V. Polishuk // Journal of Integrative Neuroscience. – 2012. –V. 11, № 2. – P. 213-223.
16. Киселев А.Р. Изучение природы периодических колебаний сердечного ритма на основе проб с управляемым дыханием / А.Р. Киселев [и др.] // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 3. – С. 76-83.

Abstract.

V.Yu. Sulin, S.I. Gulyaeva, G.A. Vashanov, I.A. Lavrinenko
ANALYSIS OF CARDIORHYTHM VARIABILITY IN STUDENTS
DURING PERFORMING RESPIRATORY TEST

Voronezh State University, Russia,

Department of Human and Animal Physiology

In 32 student volunteers, using a photoplethysmographic sensor, cardiac rhythm was recorded in functional states of rest and during performing respiratory test with an adjustable frequency of 12 breaths/min. and 6 breaths/min. A statistical analysis of the duration of cardio intervals was carried out and a functional assessment of the cardiac rhythm was given in accordance with the criteria of R.M. Baevsky. On the basis of a comparative analysis of heart rate variability, it was found that the transition from voluntary to controlled breathing in most of the examined students caused a simultaneous increase

in heart rate and respiratory arrhythmia. Change in heart rate variability of students depended on its initial parameters. It is possible that the revealed changes in the variability of the heart rate of the examined students during breathing tests reflect the tension of the autonomic mechanisms of cardio regulation.

Keywords: student, cardiac rhythm, variation heart rate, respiratory test

References

1. New devices for the analysis of heart rate variability in space medicine and the prospects for their use in clinical medicine and applied physiology: materials of the XXIII Congress of the Physiological Society named after I.P. Pavlova / E.Yu. Bersenev [et al]. - M.: Istoki, 2017. - P. 2424-2426.
2. Yavelov I.S. COVID-19 and cardiovascular diseases / I.S. Yavelov // International Journal of Heart and Vascular Diseases. - 2020. - Vol. 8, No. 27. - P. 4-13.
3. ESC Guidance for the Diagnosis and Management of CV Disease during the COVID-19 Pandemic. <https://www.escardio.org/Education/COVID-19-and-Cardiology/ESC-COVID-19-Guidance>.
4. Bockeria L.A. Heart rate variability: measurement methods, interpretation, clinical use / L.A. Bockeria, O.L. Bockeria, I.V. Volkovskaya // Annals of arrhythmology. - 2009. - No. 4. - P. 21-32.
5. Functional stress tests in cardiology / I.V. Sergienko [et al.] - M., 2021. - 54 p.
6. Astakhov S.I. Adaptive-compensatory heart rate variability in students / S.I. Astakhov [et al.] // Bulletin of SUSU. Series "Education, health care, physical education". - 2014. - Vol. 14, No. 4. - P. 33-41.
7. Nesterov V.P. Pulseometric analysis of the functional state of the cardiovascular system in humans / V.P. Nesterov, A.I. Burdygin, S.V. Nesterov // Human Physiology. - 2017. - Vol. 43, No. 6. - P. 54-62.
8. Laptev D.N. Cardiovascular form of autonomic neuropathy in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus: clinical and diagnostic markers, associated cardiovascular risk factors and modern possibilities of prevention / D.N. Laptev. - diss. for the degree of Doctor of Medical Sciences - Moscow, - 2018. - 238 p.
9. Zhuravlev D.V. Features of the state of the autonomic nervous system in patients with drug-resistant epilepsy / D.V. Zhuravlev. - diss. for the degree of Candidate of Medical Sciences. - Moscow, 2019. - 135 p.
10. Simonyan M.A. Possibilities of photoplethysmography as a method of screening pathology of the cardiovascular system / M.A. Simonyan, O. M. Posnenkova, A.R. Kiselev // Fundamental research in cardiology. - 2020. - T. 7, № 1. - P. 1-5: Cardio-IT DOI: 10.15275 / cardioit.2020.0102 1/5 2020
11. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use // Eur. Heart J. - 1996. - V. 17, March. - P. 354-381.
12. Working Group of the European Society of Cardiology and the North American Society of Stimulation and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards for measurement, physiological interpretation and clinical use // Vestn. Arrhythmol. - 1999. - No. 11. - S. 53-78.
13. Baevsky R.M. Assessment of the adaptive capacities of the organism and the risk of developing diseases / R.M. Baevsky, A.P. Berseneva. - M.: Medicine, 1997. - 265 p.
14. Bozhokin S.V. Non-stationary heart rate variability during respiratory tests / S.V. Bozhokin [et al.] // Human Physiology. - 2018. - Vol. 44, No. 1. - P. 39-48.
15. Pokrovskii V.M. On the conscious control of the human heart / V.M. Pokrovskii, L.V. Polischuk // Journal of Integrative Neuroscience. - 2012. - Vol. 11, № 2. - P. 213-223.
16. Kiselev A.R. Study of the nature of periodic oscillations of the heart rate on the basis of samples with controlled breathing / A.R. Kiselev [et al.] // Human Physiology. - 2005. - T. 31, No. 3. - S. 76-83.

Сведения об авторах: Сулин Валерий Юрьевич – к.б.н., доцент кафедры, Гуляева Светлана Ивановна - к.б.н., доцент кафедры, Вашанов Геннадий Афанасьевич – д.б.н., зав. кафедрой, Лавриненко Игорь Андреевич - к.б.н., доцент кафедры.