

**В. Ф. Бондаренко, В. С. Гордова, Г. В. Квитко**

## **СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СТУДЕНТОВ С РАЗНОЙ УСПЕВАЕМОСТЬЮ В ПОКОЕ И В УСЛОВИЯХ КРАТКОВРЕМЕННОГО ПСИХИЧЕСКОГО СТРЕССА**

Поступила в редакцию 01.11.2021 г.

Рецензия от 19.11.2021 г.

90

*По частоте и вариабельности сердечного ритма оценивалась стрессоустойчивость двух групп студентов с разной средней успеваемостью в различные по напряженности периоды учебного процесса – в начале и в конце осеннего семестра. Ментальный стресс всегда статистически значимо увеличивал частоту сердечных сокращений в обеих группах студентов, но достоверно уменьшал вариабельность сердечного ритма только в группе студентов с лучшей успеваемостью в конце учебного семестра.*

*Frequency and variability of heart rate served as instruments to assess the stress resistance of two groups of students with different average academic performance in different periods of the educational process: at the beginning and at the end of the autumn semester. Mental stress always statistically significantly increased the heart rate in both groups of students, but significantly decreased heart rate variability only in the group of students with better academic performance at the end of the academic semester.*

**Ключевые слова:** частота сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, психический стресс

**Keywords:** heart rate, heart rate variability, mental stress

### **Введение**

Частота сердечных сокращений (ЧСС) обусловлена взаимодействием симпатической и парасимпатической частей вегетативной нервной системы (ВНС), а вариабельность сердечного ритма (ВСР) отражает динамику этого взаимодействия. ВСР, таким образом, представляет собой способность сердца реагировать на различные раздражители внутренней и внешней среды [7]. Считается, что ВСР – это хороший неинвазивный электрокардиографический метод, который можно использовать и для оценки состояния ВНС у здоровых людей [1; 6; 11], и в различных клинических ситуациях [22]. Низкая ВСР связана с нарушением регуляторных и гомеостатических функций вегетативной нервной системы (ВНС), которое снижает способность организма справляться с внутренними и внешними стрессорами. Показано, что на эти параметры работы сердца оказывают влияние болезни сердца [8; 14; 23], легких [18], почек [23], заболевания, относящиеся к области психиатрии [13; 20], и другие (см. также: [8]).



На ВСП влияют и особенности образа жизни. Так, умеренные занятия спортом увеличивают ВСП [19], а слишком интенсивные — уменьшают [15]. ЧСС и ВСП связаны с избыточной массой тела [2; 12]. Снижают ВСП пассивное и активное курение [9] и алкоголь [17]. Таким образом, эти показатели работы сердца используются как для выявления различных нарушений здоровья, так и для оценки эффектов различных внешних воздействий и адаптационных возможностей организма к этим воздействиям [7].

В ряде исследований с помощью этих показателей описаны попытки оценить стресс в студенческой среде при выполнении учебной нагрузки или когнитивных тестов [3; 4; 10]. В настоящей работе мы попытались оценить по этим параметрам (ЧСС и ВСП) стрессоустойчивость групп студентов с разной средней успеваемостью в различные по напряженности периоды учебного процесса.

### Материал и методика

Сравнение параметров сердечного ритма мы проводили у студентов 2-го курса медицинского института Балтийского федерального университета им. И. Канта в начале и в конце осеннего семестра.

С целью вызова психоэмоционального стресса использовали одно из упражнений, предназначенных для оценки когнитивных способностей путем определения скорости работы мозга. Предполагается, что подобные упражнения позволяют оценить скорость восприятия и обработки информации, а также развитие периферийного зрения. Студентам предъявляли таблицу Шульте, содержащую числа от 1 до 25, выполненные в одном из пяти цветов — красном, желтом, зеленом, синем или черном (рис.).

17	9	24	25	12
8	6	1	15	7
23	21	19	3	11
20	13	4	16	5
2	14	10	18	22

Рис. Таблица Шульте



Испытуемым предлагалось как можно быстрее найти, произнести вслух и указать место расположения цифр таблицы (тест на концентрацию и распределение внимания, рабочую память и скорость мышления). При этом в начале семестра нужно было называть цифры в порядке возрастания, а в конце — в порядке убывания.

В группах с относительно хорошей и относительно низкой успеваемостью было соответственно 11 и 12 студентов. У каждого из них в течение 0,5 минуты сначала (то есть в покое) осуществлялась «контрольная» регистрация ЭКГ, а затем — регистрация ЭКГ в ходе выполнения теста на когнитивные способности (то есть в условиях психического стресса). Запись ЭКГ осуществлялась с помощью компьютерного электрокардиографа «Полиспектр-8/Е». Программный модуль «Поли-Спектр-Анализ» давал возможность автоматического анализа сердечного ритма, в частности путем измерения ЧСС и SDNN (мс) — стандартного отклонения RR интервалов, которое используется для оценки общей вариабельности ритма сердца. Эти параметры сердечного ритма сравнивались, и статистическая значимость различий их средних значений оценивалась с помощью парного t-критерия Стьюдента для зависимых совокупностей.

### Результаты

В таблице 1 показаны результаты определения статистической значимости различий средних значений ЧСС при условном покое и при выполнении когнитивной нагрузки в двух группах студентов, отличающихся по средней успеваемости.

Таблица 1

#### Частота сердечных сокращений у студентов условно «сильной» и «слабой» групп в покое при когнитивной нагрузке (число сокращений в минуту)

Месяц	1-я группа			2-я группа		
	ЧССп	ЧССк.н.	P-value	ЧССп	ЧССк.н.	P-value
Сентябрь	79,3±12,2	99,7±12,5	p=0,002*	76,25±19,05	96,00±26,54	p=0,002*
Декабрь	92,36±12,26	106,09±12,53	p=0,003*	90,67±14,02	106,17±19,70	p=0,000*
P-value	p=0,010*	p=0,015*	—	p=0,019*	p=0,15	—

*Примечание:* ЧССп — частота сердечных сокращений в покое; ЧССк.н. — частота сердечных сокращений при когнитивной нагрузке. Астерiskом (\*) обозначены статистически значимые различия средних значений.

Можно видеть, что психоэмоциональный стресс, обусловленный когнитивной нагрузкой, вызывал статистически значимое увеличение ЧСС по сравнению с ЧСС в покое. Более того, в обеих группах к концу семестра увеличилась средняя ЧСС — и перед выполнением когнитивного теста, и во время его выполнения. Это увеличение ЧСС при выполнении теста только во 2-й группе не достигло статистической значимости.



В таблице 2 показаны результаты определения ВСР при условном покое и при выполнении когнитивной нагрузки в этих же двух группах студентов, отличающихся по средней успеваемости.

Таблица 2

**Вариабельность частоты сердечных сокращений у студентов  
условно «сильной» и «слабой» групп в покое  
при когнитивной нагрузке, в мс**

Месяц	1-я группа			2-я группа		
	RMSSDп	RMSSDк.н.	P-value	RMSSDп	RMSSDк.н.	P-value
Сентябрь	47,64±20,63	36,64±26,56	p=0,347	60,42±48,47	53,83±62,30	p=0,726
Декабрь	58,55±52,05	22,55±13,81	p=0,027*	31,92±24,45	38,17±33,24	p=0,338
P-value	p=0,522	p=0,086	—	p=0,073	p=0,426	—

93

*Примечание:* RMSSDп – квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов N–N в покое; RMSSDк.н. – квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов N–N при когнитивной нагрузке. Астериском (\*) обозначены статистически значимые различия средних значений.

Как видно, в большинстве случаев психоэмоциональный стресс, «накопленный» к концу семестра и возникающий при выполнении когнитивной нагрузки, уменьшал среднее значение ВСР. Но лишь в группе с лучшей успеваемостью в конце семестра это уменьшение ВСР оказалось статистически достоверным.

### Обсуждение результатов

Анализ научной литературы, посвященной влиянию психоэмоционального стресса на параметры работы сердца, позволяет заключить, что ЧСС в целом отражает реакцию на стресс, а более высокая ВСР является сигналом хорошей адаптации и характеризует здорового человека с эффективными вегетативными механизмами, в то время как более низкая ВСР часто является индикатором аномальной или недостаточной адаптации вегетативной нервной системы. Например, в работе Д. А. Димитриева и Е. В. Саперовой было показано, что мысленное арифметическое напряжение вызывает быстрое повышение АД, ЧСС и снижение ВСР [5].

Однако вопрос о том, насколько удобно использовать эти показатели для оценки выраженности стресса у здоровых людей в различных обстоятельствах, в частности в условиях когнитивной нагрузки, остается открытым.

В нашей работе было показано, что стресс, вызванный когнитивной нагрузкой, статистически значимо увеличивает ЧСС в обеих различающихся по успеваемости группах студентов. А вот возникающие при этом изменения ВСР оказались достоверными только в конце семестра у группы с лучшей успеваемостью.



Подобные нашим результаты были получены, например, в недавней работе [21], в которой оценивалась степень стресса у студентов-медиков во время выполнения симуляционного задания по оказанию неотложной медицинской помощи. ЧСС у испытуемых значительно увеличивалась (107,3/мин против 73,5/мин,  $p < 0,001$ ), а вот снижение ВСП существенно не отличалось от контрольных значений.

Еще один пример. Используя анкетный опрос и краткосрочные записи ВСП 223 здоровых рабочих-мужчин (так называемых белых воротничков), группа исследователей изучала взаимосвязь между количеством факторов, вызывающих стресс на работе, качеством сна и трудовой деятельностью в дневное время: корреляция между параметрами ВСП и пятью оценками стрессоров на работе обнаружена не была [16].

Таким образом, далеко не всегда удается показать, что ВСП может служить хорошим биоиндикатором психоэмоционального стресса, несмотря на то что ЧСС при этом заметно увеличивается.

В нашей работе обращает на себя внимание заметное увеличение средней ЧСС в покое (перед выполнением теста) в обеих группах студентов к концу семестра (табл. 1). В сентябре она была в пределах нормы для данной возрастной группы ( $79,3 \pm 12,2$  и  $76,25 \pm 19,05$ ), но превысила верхние границы нормы в декабре ( $92,36 \pm 12,26$  и  $90,67 \pm 14,02$ ). Вероятно, к концу семестра студенты обеих групп, различающихся по успеваемости, испытывали значительный психоэмоциональный стресс, который заметно и статистически достоверно влиял на ЧСС в покое. При выполнении когнитивной нагрузки в нашем эксперименте стресс, как правило, снижал ВСП, хотя последнее и не всегда подтверждалось статистически.

### Выводы

1. Психоэмоциональный стресс, вызванный когнитивной нагрузкой у студентов, статистически значимо увеличивает ЧСС.
2. Статистически значимое снижение ВСП, вызванное когнитивной нагрузкой, выявилось в конце семестра только у группы студентов с лучшей успеваемостью.
3. Значительное увеличение средней ЧСС перед выполнением теста в обеих группах студентов медицинского института в декабре указывает на высокий уровень психоэмоционального стресса в конце семестра.

### Список литературы

1. Бондаренко В.Ф., Исмаилова А.К., Курбаналиева Ю.А., Тетерина И.А. Зависимость variability сердечного ритма от частоты сердечных сокращений в юношеском возрасте // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2018. №3. С. 94–102.
2. Бондаренко В.Ф., Судоплатов К.А., Квитко Г.В. Влияние индекса массы тела молодых людей на частоту и variability сердечного ритма в покое и после физической нагрузки // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2019. №4. С. 96–103.



3. Сафонова В. Р., Шаламова Е. Ю. Параметры variability сердечного ритма студенток северного медицинского вуза при экзаменационном стрессе // Экология человека. 2013. №8. С. 11–16.
4. Димитриев Д. А., Карпенко Ю. Д., Димитриев А. Д. Влияние индекса массы тела на variability сердечного ритма у студентов в условиях относительного покоя и экзаменационного. 2013. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/446/30/> (дата обращения: 01.10.2021).
5. Димитриев Д. А., Саперова Е. В. Variability сердечного ритма и артериальное давление при ментальном стрессе // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2015. Т. 101, №1. С. 98–107.
6. Allen A. R., Gullixson L. R., Wolhart S. C. et al. Dietary sodium influences the effect of mental stress on heart rate variability: a randomized trial in healthy adults // Journal of Hypertension. 2014. Vol. 32, №2. P. 374–382.
7. Acharya U. R., Paul J. K., Kannathal N. et al. Heart rate variability: a review // Medical & Biological Engineering & Computing. 2006. Vol. 44, №12. P. 1031–1051.
8. Carthy E. R. Autonomic dysfunction in essential hypertension: A systematic review // Annals of Medicine and Surgery. 2013. Vol. 3, №1. P. 2–7.
9. Dinas P. C., Koutedakis Y., Flouris A. D. Effects of active and passive tobacco cigarette smoking on heart rate variability // International Journal of Cardiology. 2013. Vol. 163, №2. P. 109–115.
10. Fauquet-Alekhine P., Rouillac L., Berton J., Granry J.-C. Heart Rate vs Stress Indicator for Short Term Mental Stress // British Journal of Medicine and Medical Research. 2016. Vol. 17, №7. P. 1–11.
11. Föhr T., Pietilä J., Helander E. et al. Physical activity, body mass index and heart rate variability-based stress and recovery in 16 275 Finnish employees: a cross-sectional study // BMC Public Health. 2016. Vol. 16. P. 701.
12. Fraley M. A., Birchem J. A., Senkottaiyan N., Alpert M. A. Obesity and the electrocardiogram // Obesity Reviews. 2005. Vol. 6, №4. P. 275–281.
13. Friedmann B. H., Thayer J. F. Autonomic balance revisited: panic anxiety and heart rate variability // Journal of Psychosomatic Research. 1998. Vol. 44, №1. P. 133–151.
14. Guzzetti S., Magatelli R., Borroni E., Mezzetti S. Heart rate variability in chronic heart failure // Autonomic Neuroscience. 2001. Vol. 90, №1-2. P. 102–105.
15. Hottenrott K., Hoos O., Esperer H. D. Heart rate variability and physical exercise. Current status // Herz. 2006. Vol. 31, №6. P. 544–552.
16. Kageyama T., Nishikido N., Kobayashi T. et al. Self-reported sleep quality, job stress, and daytime autonomic activities assessed in terms of short-term heart rate variability among male white-collar workers // Industrial Health. 1998. Vol. 36. P. 263–272.
17. Karpyak V. M., Romanowicz M., Schmidt J. E. et al. Characteristics of heart rate variability in alcohol-dependent subjects and nondependent chronic alcohol users // Alcoholism: Clinical and Experimental Research. 2014. Vol. 38, №1. P. 9–26.
18. Roque A. L., Valenti V. E., Massetti T. et al. Chronic obstructive pulmonary disease and heart rate variability: a literature update // International Archives of Medicine. 2014. Vol. 7. P. 43.
19. Routledge F. S., Campbell T. S., McFetridge-Durdle J. A., Bacon S. L. Improvements in heart rate variability with exercise therapy // Canadian Journal of Cardiology. 2010. Vol. 26, №6. P. 303–312.
20. Sammito S., Thielmann B., Zimmermann P., Böckelmann I. Influence of post-traumatic stress disorder on heart rate variability as marker of the autonomic nervous system – a systematic review // Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie. 2015. Vol. 83. S. 30–37.



21. *Stein C.* The effect of clinical simulation assessment on stress and anxiety measures in emergency care students // *African Journal of Emergency Medicine.* 2020. Vol. 10, №1. P. 35–39.

22. *Sztajzel J.* Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system // *Swiss Medical Weekly.* 2004. Vol. 34. P. 514–522.

23. *Zhang J., Wang N.* Prognostic significance and therapeutic option of heart rate variability in chronic kidney disease. // *International Urology and Nephrology.* 2014. Vol. 46. P. 19–25.

#### Об авторах

96

Всеволод Федорович Бондаренко — канд. биол. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: VBondarenko@kantiana.ru

Валентина Сергеевна Гордова — канд. мед. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: vgordova@kantiana.ru

Геннадий Васильевич Квитко — канд. физ.-мат. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: gkvitko.univ@gmail.com

#### The authors

Dr Vsevolod F. Bondarenko, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: VBondarenko@kantiana.ru; vsebond@mail.ru

Dr Valentina S. Gordova, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: vgordova@kantiana.ru

Dr Gennadi V. Kvitko, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: GKvitko@kantiana.ru