

ДИНАМИКА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СТУДЕНТОК В ХОДЕ ТРЕНИНГА ПО ВИЗУАЛЬНОМУ МЫШЛЕНИЮ¹

А.Л. Корепанов* ORCID: [0000-0002-3699-9528](https://orcid.org/0000-0002-3699-9528)

И.Ю. Василенко* ORCID: [0000-0002-6524-1337](https://orcid.org/0000-0002-6524-1337)

А.А. Шевченко* ORCID: [0000-0003-2786-8232](https://orcid.org/0000-0003-2786-8232)

*Севастопольский государственный университет
(Республика Крым, г. Севастополь)

Проведено исследование динамики показателей variability сердечного ритма у 22 студенток при проведении обучающего эксперимента на основе интерактивного компьютерного тренажера. В ходе эксперимента испытуемые выполняли обучающие и контрольные задания, построенные с учетом закономерностей восприятия и принципов визуализации информации. В качестве показателей успешности обучения использовались время выполнения контрольных заданий и разница во времени выполнения обучающих и контрольных заданий. Оценка variability сердечного ритма проводилась до и во время обучающего эксперимента посредством компьютерного многофункционального комплекса «Нейрон-Спектр-1». Регистрировались временные и частотные показатели variability сердечного ритма, анализировалась структура спектральной мощности, определялся индекс напряжения Баевского. Показано увеличение уровня напряжения регулирующих систем (по значению индекса напряжения) у студенток в начале эксперимента. В середине обучения наблюдалось возрастание удельного веса парасимпатических влияний на сердечный ритм, что отражает процессы формирования оптимального баланса регуляторных систем при когнитивной нагрузке. Установлена прямая высокая корреляционная связь нормированного показателя мощности в диапазоне высоких частот ($r = 0,692$, $p = 0,05$) и обратная высокая связь нормированного показателя мощности в диапазоне низких частот ($r = -0,692$, $p = 0,05$) в состоянии покоя с успешностью обучения, что подтверждает значимость симпатико-парасимпатических отношений в формировании когнитивной функции мозга вообще и успешности обучения – в частности. Обсуждается возможность использования нормированного показателя мощности высокочастотного компонента сердечного ритма для прогноза успешности обучения.

Ключевые слова: variability сердечного ритма, студентки, визуализация информации, интерактивный тренажер.

¹Исследование выполнено при финансовой поддержке внутреннего гранта Севастопольского государственного университета № 520/06-31.

Ответственный за переписку: Корепанов Алексей Львович, адрес: 299006, Республика Крым, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33; e-mail: akorepanov2006@ Rambler.ru

Для цитирования: Корепанов А.Л., Василенко И.Ю., Шевченко А.А. Динамика variability сердечного ритма у студенток в ходе тренинга по визуальному мышлению // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 2. С. 204–208. DOI: 10.37482/2542-1298-Z011

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) отражает изменения в психоэмоциональном состоянии человека, развитие стресса, токсическое воздействие на организм. Так, показано увеличение временных и спектральных показателей ВСР у подростков с возрастанием стажа приема летучих растворителей [1]. Установлена возможность использования ВСР для контроля функционального состояния регуляторных систем при различных психических состояниях человека [2, 3]. ВСР применяется для оценки уровня внимания, мотивации, тревожности, способности к социальной коммуникации [4–8].

Рост информационной насыщенности среды обучения определяет необходимость решения задачи визуализации информации и знаний. Проведение тренингов посредством интерактивного тренажера, разработанного в рамках проекта 25.12692 госзадания 2018/12.1 «Исследование современных способов визуализации информации», формирует у обучающихся навыки визуализации информации. Изучение показателей вегетативного гомеостаза при проведении тренинга позволит оценить динамику симпатико-парасимпатических отношений и уровень напряжения регуляторных систем на разных этапах тренинга.

Цель работы – изучение динамики ВСР у студенток при проведении обучающего эксперимента с использованием интерактивного компьютерного тренажера.

В исследовании приняли участие 22 здоровых девушки. Оценка ВСР проводилась в течение 2 мин в положении сидя до начала обучающего эксперимента на интерактивном тренажере, в начале (1–5-я минуты), середине (15–20-я минуты) и на последних 5 минутах эксперимента. Использовался компьютерный многофункциональный комплекс «Нейрон-Спектр-1». Регистрировались следующие временные и частотные показатели ВСР: максимальная и минимальная длительность R-R интервалов – $R-R_{\max}$ и $R-R_{\min}$; мода – M_0 ; амплитуда моды – AM_0 ; среднее квадратическое отклонение – SDNN; квадратный корень из суммы квадратов разности

величин последовательных пар NN-интервалов – RMSSD; доля соседних синусовых интервалов R-R, которые различаются более чем на 50 мс, – pNN50; коэффициент вариации – CV; общая мощность спектра – TP; мощность высокочастотной и низкочастотной области спектра – HF, LF. Анализировалась структура спектральной мощности при помощи нормированных показателей – LF_{norm} , % и HF_{norm} , %. Определялся индекс напряжения Баевского (ИН). В ходе обучающего эксперимента испытуемые выполняли 10 заданий, построенных с учетом закономерностей восприятия и принципов визуализации информации [9, 10]. Первые 5 заданий (обучающие) выполнялись под руководством экспериментатора (1-я часть эксперимента), вторые 5 заданий (контрольные) – самостоятельно (2-я часть). В качестве показателей успешности обучения использовались время выполнения задач 2-й части тренинга (t_2) и разница во времени выполнения 1-й и 2-й частей тренинга ($t_1 - t_2$). Взаимосвязи параметров ВСР и успешности обучения выявлялись посредством корреляционного анализа с помощью ранговой корреляции Спирмена. Учитывались только значимые корреляционные зависимости ($p < 0,05$). Материалы обрабатывались с помощью пакета программ Statistica 6.0 для Windows.

Большинство показателей ВСР у девушек в начале эксперимента статистически значимо не отличались от исходных данных (см. таблицу, с. 206). Наблюдалось увеличение ИН, отражающее напряжение вегетативных регулирующих систем в период адаптации к условиям эксперимента. В середине эксперимента установлено увеличение SDNN, RMSSD и CV, что свидетельствует о повышении активности парасимпатической части автономной регуляции сердечного ритма и смещении вегетативного баланса в сторону парасимпатического отдела. В конце эксперимента все показатели ВСР статистически значимо не отличались от исходных, что позволяет констатировать безопасность проведения обучающего эксперимента с точки зрения напряжения систем

**ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВСР У СТУДЕНТОК ($n = 22$)
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБУЧАЮЩЕГО ЭКСПЕРИМЕНТА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРАКТИВНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА**

Показатель	Фон	Этап эксперимента		
		начало (1-5-я минута)	середина (15-20-я минута)	конец (последние 5 мин)
ЧСС, мин ⁻¹	80,5±7,2	86,7±8,3	81,3±7,1	82,8±7,4
R-R _{min} , мс	620±91	576±79	594±64	570±70
R-R _{max} , мс	926±120	891±95	1009±140	903±78
SDNN, мс	64,6±5,9	57,4±5,3	133,2±12,1*	62,3±7,6
RMSSD, мс	48,1±5,5	46,5±5,1	64,3±5,1*	53,1±8,3
CV, %	7,2±0,7	7,7±0,8	9,3±0,8*	8,1±0,9
pNN50, %	25,1±3,1	21,7±3,2	21,7±2,8	21,7±2,9
Mo, с	0,77±0,1	0,82±0,2	0,83±0,2	0,73±0,1
AMo, %	33,8±3,4	37,3±5,2	33,8±3,7	36,2±4,7
ИН, усл. ед.	91,2±8,3	109,3±9,1*	83,0±7,9	100,3±12,2
LF, мс ²	1466±278	1288±293	1657±321	1688±342
HF, мс ²	1120±284	1303±299	1732±352	1612±321
LF _{norm} , %	63,4±7,8	59,2±9,3	61,5±9,8	64,8±12,9
HF _{norm} , %	36,4±8,2	35,6±9,2	39,1±9,7	35,2±7,4

Примечание: * – различия с исходными показателями статистически значимы ($p < 0,05$).

регуляции. Выявлена прямая умеренная корреляционная связь между R-R_{max} и t_2 в начале ($r = 0,629$, $p = 0,05$) и середине эксперимента ($r = 0,58$, $p = 0,05$), что свидетельствует о снижении успешности обучения при увеличении длительности максимальных R-R интервалов. Установлена прямая высокая корреляционная связь HF_{norm} ($r = 0,692$, $p = 0,05$) и обратная высокая связь LF_{norm} ($r = -0,692$, $p = 0,05$) в состоянии покоя с показателем успешности обучения ($t_2 - t_1$), что подтверждает значимость симпатико-парасимпатических отношений в формировании когнитивной функции мозга вообще и успешности обучения – в частности. Прямая связь HF_{norm} с ($t_2 - t_1$) свидетельствует о функциональном единстве парасимпатического звена регуляции и мозговых регулирующих систем и позволяет рекомендовать по-

казатель HF_{norm} как прогностический признак успешности обучения: чем выше HF_{norm}, тем выше успешность обучения.

Таким образом, показано, что в начале обучающего эксперимента происходит увеличение уровня напряжения регулирующих систем, отражающее процессы адаптации к условиям эксперимента. В середине обучения наблюдается возрастание удельного веса парасимпатических влияний на сердечный ритм, что подтверждается увеличением SDNN, RMSSD и CV и отражает процессы формирования оптимального баланса регуляторных систем при когнитивной нагрузке. Показана возможность использования показателя HF_{norm} как прогностического признака успешности обучения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Преминина О.С., Митягина Т.С. Характеристика вариабельности сердечного ритма у подростков-северян, употребляющих летучие растворители // Журн. мед.-биол. исследований. 2019. Т. 7, № 3. С. 318–326. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.318
2. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клин. информатика и телемедицина. 2004. Т. 1, № 1. С. 54–64.
3. Корепанов А.Л. Оценка вариабельности сердечного ритма у мальчиков-подростков и юношей г. Севастополя // Теория и практика физ. культуры. 2019. № 9. С. 26–28.
4. Lo Turco G., Grimaldi Di Terresena L. Spectral Analysis of Heart Rate Variability in Psychiatric Patients: Autonomic Nervous System Evaluation in Psychotic, Anxiety and Depressive Disorders // Riv. Psichiatr. 2012. Vol. 47, № 2. P. 139–148.
5. Quintana D.S., Guastella A.J., Outhred T., Hickie I.B., Kemp A.H. Heart Rate Variability Is Associated with Emotion Recognition: Direct Evidence for a Relationship Between the Autonomic Nervous System and Social Cognition // Int. J. Psychophysiol. 2012. Vol. 86, № 2. P. 168–172.
6. Williams D.P., Thayer J.F., Koenig J. Resting Cardiac Vagal Tone Predicts Intraindividual Reaction Time Variability During an Attention Task in a Sample of Young and Healthy Adults // Psychophysiology. 2016. Vol. 53, № 12. P. 1843–1851.
7. Русских Н.Г., Иржак Л.И. Вариабельность элементов электрокардиограммы в ответ на ментальную пробу у юношей 18-19 лет // Журн. мед.-биол. исследований. 2018. Т. 6, № 1. С. 35–40. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.35
8. Данилова Н.Н. Сердечный ритм и информационная нагрузка // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14: Психология. 1995. № 4. С. 14–27.
9. Аранова С.В. Методологические подходы к формированию области визуализации учебной информации // Человек и образование. 2018. № 4(57). С. 77–83.
10. Аранова С.В. К вопросу о принципах визуального представления учебной информации // Изв. Рос. гос. пед. ун-та им. А.И. Герцена. 2017. № 185. С. 96–102.

References

1. Preminina O.S., Mityagina T.S. Heart Rate Variability in Adolescents Using Volatile Solvents and Living in the North of Russia. *J. Med. Biol. Res.*, 2019, vol. 7, no. 3, pp. 318–326. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.318
2. Baevskiy R.M. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma: istoriya i filosofiya, teoriya i praktika [Analysis of Heart Rate Variability: History and Philosophy, Theory and Practice]. *Klinicheskaya informatika i telemeditsina*, 2004, vol. 1, no. 1, pp. 54–64.
3. Korepanov A.L. Otsenka variabel'nosti serdechnogo ritma u mal'chikov-podrostkov i yunoshey g. Sevastopolya [Sevastopol Adolescent and Junior Male Population: Heart Rate Variability Test Data]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2019, no. 9, pp. 26–28.
4. Lo Turco G., Grimaldi Di Terresena L. Spectral Analysis of Heart Rate Variability in Psychiatric Patients: Autonomic Nervous System Evaluation in Psychotic, Anxiety and Depressive Disorders. *Riv. Psichiatr.*, 2012, vol. 47, no. 2, pp. 139–148.
5. Quintana D.S., Guastella A.J., Outhred T., Hickie I.B., Kemp A.H. Heart Rate Variability Is Associated with Emotion Recognition: Direct Evidence for a Relationship Between the Autonomic Nervous System and Social Cognition. *Int. J. Psychophysiol.*, 2012, vol. 86, no. 2, pp. 168–172.
6. Williams D.P., Thayer J.F., Koenig J. Resting Cardiac Vagal Tone Predicts Intraindividual Reaction Time Variability During an Attention Task in a Sample of Young and Healthy Adults. *Psychophysiology*, 2016, vol. 53, no. 12, pp. 1843–1851.
7. Russkikh N.G., Irzhak L.I. Variability of Electrocardiogram Components in Response to a Mental Test in Men Aged 18–19 Years. *J. Med. Biol. Res.*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 35–40. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.35
8. Danilova N.N. Serdechnyy ritm i informatsionnaya nagruzka [Heart Rhythm and Information Load]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 14: Psikhologiya*, 1995, no. 4, pp. 14–27.

9. Aranova S.V. Metodologicheskie podkhody k formirovaniyu oblasti vizualizatsii uchebnoy informatsii [Methodological Approaches to Developing the Sphere of Visualisation of Educational Information]. *Chelovek i obrazovanie*, 2018, no. 4, pp. 77–83.

10. Aranova S.V. K voprosu o printsipakh vizual'nogo predstavleniya uchebnoy informatsii [To the Question About the Principles of Visual Presentation of Educational Information]. *Izvestiya Rossiyskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena*, 2017, no. 185, pp. 96–102.

DOI: 10.37482/2542-1298-Z011

*Aleksey L. Korepanov** ORCID: [0000-0002-3699-9528](https://orcid.org/0000-0002-3699-9528)

*Irina Yu. Vasilenko** ORCID: [0000-0002-6524-1337](https://orcid.org/0000-0002-6524-1337)

*Anastasiya A. Shevchenko** ORCID: [0000-0003-2786-8232](https://orcid.org/0000-0003-2786-8232)

*Sevastopol State University
(Sevastopol, Republic of Crimea, Russian Federation)

DYNAMICS OF HEART RATE VARIABILITY IN FEMALE UNIVERSITY STUDENTS DURING VISUAL THINKING TRAINING

This paper investigates the dynamics of heart rate variability in 22 female university students during a training experiment based on an interactive simulator. In the course of the experiment, the subjects performed practice and control tasks that take into account perception patterns and principles of information visualization. As indicators of successful learning, we used the execution time of the control tasks and the difference in the execution time between the practice and the control tasks. Heart rate variability (HRV) was assessed before and during the experiment by means of Neuron-Spectrum-1 multifunctional digital system. Time and frequency indicators of HRV were recorded; the structure of spectral power was analysed; the Baevsky Stress Index was determined. We observed an increase in stress levels of the students' control systems (according to the stress index) at the beginning of the experiment. In the middle of training, there was an increase in the proportion of parasympathetic effects on heart rhythm, which reflects the processes of the formation of optimal balance in the regulatory systems under cognitive load. Further, we found a high direct correlation of the high-frequency norm ($r = 0.692$, $p = 0.05$) and a high inverse correlation of the low-frequency norm ($r = -0.692$, $p = 0.05$) at rest with learning success, which confirms the significance of the sympathetic-parasympathetic relationship in the formation of cognitive function of the brain in general and of learning success in particular. In addition, the possibility of using the normalized power index of the high-frequency heart rate component to predict the success of training is discussed.

Keywords: heart rate variability, female university students, information visualization, interactive simulator.

Поступила 15.11.2019

Принята 12.02.2020

Received 15 November 2019

Accepted 12 February 2020

Corresponding author: Aleksey Korepanov, address: ul. Universitetskaya 33, Sevastopol, 2299006, Respublika Krym, Russian Federation; e-mail: akorepanov2006@rambler.ru

For citation: Korepanov A.L., Vasilenko I.Yu., Shevchenko A.A. Dynamics of Heart Rate Variability in Female University Students During Visual Thinking Training. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 204–208. DOI: 10.37482/2542-1298-Z011