



УДК612.13

<https://doi.org/10.26516/2073-3372.2022.39.66>

Анализ вариабельности сердечного ритма студентов с разной частотой дыхательных движений

А. С. Емельянова¹, Л. А. Симонян², Е. Е. Степура^{2*}

¹Рязанский государственный агротехнологический университет, г. Рязань, Россия

²Государственный социально-гуманитарный университет, г. Коломна, Россия

Аннотация. Обсуждаются результаты исследования исходного вегетативного статуса студентов с разным уровнем двигательной активности и частотой дыхательных движений, выполненного с использованием возможностей электрофизиологической лаборатории CONAN-4.5. Определена структура группы испытуемых по результатам дифференцирования исходного вегетативного тонуса, рассчитанного по индексу напряжения, и представленность в ней участников, характеризующихся оптимальным соотношением между парасимпатическим и симпатическим отделами ВНС. Сформулирована рекомендация по формированию оптимального уровня физических нагрузок у студентов.

Ключевые слова: электрокардиограмма, сердечно-сосудистая система, индекс напряжения, исходный вегетативный тонус, коэффициент физической активности, частота сердечных сокращений, частота дыхательных движений.

Для цитирования: Емельянова А. С., Симонян Л. А., Степура Е. Е. Анализ вариабельности сердечного ритма студентов с разной частотой дыхательных движений // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2022. Т. 39. С. 66–71. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2022.39.66>

Short communication

Analysis of the Heart Rate of Students with Different Respiratory Rates

A. S. Emelianova¹, L. A. Simonyan², E. E. Stepura^{2*}

¹Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russian Federation

²State Social and Humanitarian University, Kolomna, Russian Federation

Abstract. The article deals with the analysis of the initial vegetative status of students with different levels of physical activity and frequency of respiratory movements. The functional reserves of the body are subject to increased requirements not only for training activities, but also for the training load. In this regard, the purpose of this work is to analyze the heart rate variability in students, taking into account the level of physical activity and the frequency of respiratory movements. Registration and analysis of HRV was carried out using a modern complex electrophysiological laboratory “CONAN-4.5”. Mathematical processing of the ECG makes it possible to obtain a number of temporal, spectral and geometric indicators, thanks to which an objective assessment of the state of the autonomic nervous system, including its sympathetic and parasympathetic divisions, is carried out. This method allows you to explore and evaluate the mechanisms of regulation of the cardiovascular system, as well as the tension of regulatory systems. Statistical processing of the material was carried

out using Statistica 10.0. Cardiac activity of students was assessed. The gradation of the numerical values of the tension index of the body's regulatory systems was proposed by Shiryaev O. Yu. and Ivleva E. I., who took into account that with severe stress and diseases, the tension index can increase to higher values. As a result, it was proposed to distinguish five types of IN: vagotonic, normotonic, sympathicotonic, suprasympathicotonic, and transboundary. The latter is characterized by an increase in the prevalence of the sympathetic nervous system in the range of more than 600 c.u. During the mathematical processing of the electrocardiogram, numerical values of the stress index were obtained. It was revealed that among the entire studied array of students (when differentiating the IWT calculated according to IN) «normotics» are characterized by an optimal ratio between the parasympathetic and sympathetic divisions of the ANS. When analyzing the electrocardiogram, the values of heart rate were obtained and a relationship was established with the stress index and the type of change or absence of rhythm disturbance in students with different vegetative status. The work established the relationship between the initial vegetative status and the frequency of respiratory movements in students with different vegetative status. Students were offered a test to determine the coefficient of physical activity. The coefficient of physical activity is the ratio of the average daily energy expenditure of a person to the energy expenditure at rest, to the so-called basal metabolic rate. We established the relationship between the stress index and the coefficient of physical activity in students with different vegetative status.

Keywords: electrocardiogram, cardiovascular system, stress index, initial vegetative tone, coefficient of physical activity.

For citation: Emelianova A.S., Simonyan L.A., Stepura E.E. Analysis of the Heart Rate of Students with Different Respiratory Rates. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology*, 2022, vol. 39, pp. 66-71. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2022.39.66> (in Russian)

Введение

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) – физиологическое явление, заключающееся в непрерывном изменении длительности кардиоциклов. Анализ ВСР основан на измерении временных интервалов между соседними RR-зубцами ЭКГ. Математическая обработка ЭКГ позволяет получить ряд показателей, благодаря которым осуществляется объективная оценка состояния вегетативной нервной системы (ВНС), в том числе её симпатического (СО) и парасимпатического (ПО) отделов. Информационный подход, уже несколько десятилетий разрабатываемый отечественными специалистами, позволяет успешно исследовать и оценивать механизмы регуляции сердечно-сосудистой системы, а также напряжение регуляторных систем [Судаков, 1995; Баевский, 2001, 2004; Баевский, Иванов, 2015; Кулаичев, 2017; Levashova, 2016].

Важную роль в развитии функциональных резервов организма, особенно у молодых людей, играют физические нагрузки, количественный эквивалент которых определяет уровень двигательной активности [Агаджанян, Баевский, Берсенева, 2006], установлена взаимосвязь между такими показателями, как физическое развитие, физическая подготовленность и состояние здоровья обучающихся [Доронцев, Козлятникова, 2013]. Отмечено также, что и учебная нагрузка предъявляет повышенные требования к функциональным резервам организма учащихся [Связь вегетативного ... , 2020; Kodkin, 2017].

Цель настоящей работы – провести анализ вариабельности сердечного ритма у студентов с учётом уровня двигательной активности и частоты дыхательных движений.

Материалы и методы

Регистрацию ЭКГ у обследуемых студентов проводили в состоянии покоя. На добровольной основе обследованы 100 студентов, из них 31 девушка и 69 юношей в возрасте 18–22 лет. На момент обследования учащиеся не предъявляли жалоб и не имели в анамнезе патологий сердечно-сосудистой системы. Запись ЭКГ проводилась с помощью оборудования комплексной электрофизиологической лаборатории CONAN-4.5 (InCo, Россия) с протоколированием следующих показателей variability сердечного ритма: частоты сердечных сокращений (ЧСС) и индекса напряжения (ИН). Кроме того, определялись значения частоты дыхательных движений (ЧДД). Статистическую обработку материала проводили с использованием программы Statistica v. 10.0. Оценивали нормальность распределения полученных данных с помощью критерия Колмогорова – Смирнова, в зависимости от чего использовали параметрические или непараметрические методы оценки. Производили вычисление средних значений показателей и стандартной ошибки ($M \pm SE$), а также *t*-критерия Стьюдента при нормальном распределении, в противном случае получали медиану и межквартильный размах (Me , $25L$; $75U$) и определяли *U*-критерий Манна – Уитни. Уровень вероятности не менее 95 % считали статистически значимым ($p < 0,05$). Все эксперименты проведены с соблюдением принципов биоэтики.

Результаты и обсуждение

Разработанная О. Ю. Ширяевым и Е. И. Ивлевой [1999] градация числовых значений индекса напряжения учитывает, что при сильном стрессе и заболеваниях ИН может возрастать до более высоких значений. Авторами предложено выделять пять типов ИН: ваготонический, нормотонический, симпатикотонический, сверхсимпатикотонический и запредельный. Последний характеризуется повышением показателей преобладания симпатической нервной системы в диапазоне более чем 600 у. е. Поскольку запредельный тип ИН встречается крайне редко и в ходе проведённого обследования не был выявлен ни у одного испытуемого, мы, используя рекомендуемую градацию числовых значений, разделили участников на четыре группы. Полученные соотношения групп испытуемых по сходному вегетативному тону, рассчитанному на основе ИН, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Соотношение студентов по исходному вегетативному тону (ИВТ) на основе значений индекса напряжения (ИН)

ИН, у. е.	ИВТ по ИН	Число студентов
Ниже 30	Ваготония	10
31–120	Нормотония	22
121–300	Симпатикотония	63
Выше 301	Гиперсимпатикотония	5

Показатели частоты сердечных сокращений у студентов с разным исходным вегетативным статусом приведены в табл. 2.

Таблица 2

Частота сердечных сокращений студентов с разными типами вегетативной регуляции

№	ИН, у.е.	ИВТ по ИН	ЧСС, уд/мин	Уровень достоверности между группами	Вид изменения ритма / отсутствие нарушения ритма
1	Ниже 30	Ваготония	65±0,13	1-2 ($p < 0,001$) 1-3 ($p < 0,001$)	Умеренная нормокардия
2	31-120	Нормотония	70±0,21	1-4 ($p < 0,001$)	Нормокардия
3	121-300	Симпатикотония	73±0,16	2-3 ($p < 0,001$)	Нормокардия
4	Выше 301	Гиперсимпатикотония	80±0,27	2-4 ($p < 0,001$) 3-4 ($p < 0,001$)	Тахикардия

Испытуемые из первой группы характеризовались преобладанием парасимпатической вегетативной нервной системы. Доля их от общего числа участников эксперимента составила 10 %. Студенты из второй группы с равновесным состоянием вегетативной нервной системы между парасимпатическим и симпатическим отделами составили 22 %. Третья группа (63 % от общего числа участников) характеризовалась преобладанием симпатической части вегетативной нервной системы. Наконец, в четвёртой группе (5 % от общего числа испытуемых) наблюдалось значительное повышение показателей деятельности симпатической вегетативной нервной системы.

Результаты определения частоты дыхательных движений у студентов с разным исходным вегетативным статусом (табл. 3) демонстрировали повышение показателя с увеличением активности симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Таблица 3

Частота дыхательных движений (ЧДД) у студентов с разным вегетативным статусом

ИН, у.е.	ИВТ по ИН	ЧДД, уд/мин
Ниже 30	Ваготония	12,7±0,01
31-120	Нормотония	14,9±0,01
121-300	Симпатикотония	16,7±0,01
Выше 301	Гиперсимпатикотония	18,3±0,01

Студентам был предложен тест для оценки коэффициента физической активности (КФА), определяемого как отношение среднесуточных затрат энергии человека к затратам энергии в состоянии покоя, к так называемой величине основного обмена.

В таблице 4 представлены значения КФА у студентов с разным исходным вегетативным статусом.

Среди всего изученного массива студентов «нормотоники» (по показателям ИВТ, рассчитанного по ИН) характеризовались оптимальным соотношением между парасимпатическим и симпатическим отделами вегетативной нервной системы со значением КФА 1,73 балла.

Таблица 4

Показатели коэффициента физической активности (КФА)
у студентов с различным вегетативным статусом

№	ИН, у.е.	ИВТ по ИН	Уровень достоверности между группами	КФА, баллы
1	Ниже 30	Ваготония	1–2 ($p < 0,05$)	1,41±0,1
2	31–120	Нормотония	1–3 ($p < 0,001$) 1–4 ($p < 0,001$)	1,73±0,1
3	121–300	Симпатикотония	2–3 ($p < 0,001$) 2–4 ($p < 0,001$)	2,01±0,1
4	Выше 301	Гиперсимпатикотония	3–4 ($p < 0,001$)	2,42±0,2

Результаты исследования позволяют рекомендовать оптимальный для обеспечения адекватного функционирования сердечно-сосудистой системы и нормальной адаптации к физическим нагрузкам у студентов уровень двигательной активности, соответствующий коэффициенту физической активности не ниже 1,75 балла – лёгкая физическая нагрузка.

Список литературы

Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М. : Изд-во РУДН, 2006. 284 с.

Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиологических систем // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 15–22.

Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клин. информат. i телемед.. 2004. № 1. С. 54–64.

Баевский Р. М., Иванов Г. Г. Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. № 2. С. 108–127.

Доронцев А. В., Козлятникова О. А. Психофизиологическая адаптация к спортивной деятельности слабослышащих футболистов // Астраханский медицинский журнал. 2013. Т. 8, № 1. С. 326–329.

Кулаичев А. П. Методы и средства комплексного анализа данных. М. : Форум, 2017. 484 с.

Морозова М. П., Евсеев А. М., Прохорова А. В., Миронова О. Г., Банзелюк Е. Н., Гаврилова С. А. Связь вегетативного тонуса девушек и юношей с их психологическим профилем личности // Физиология человека. 2020. Т. 46, № 5. С. 15–26. <https://doi.org/10.31857/S0131164620050100>

Судаков К. В. Информационный принцип в физиологии: анализ с позиций общей теории функциональных систем // Успехи физиологических наук. 1995. Т. 26, № 4. С. 3–27.

Ширяев О. Ю., Ивлева Е. И. Нарушение вегетативного гомеостаза при тревожно-депрессивных расстройствах и методы их коррекции // Прикладные информационные аспекты медицины. 1999. Т. 2. № 4. С. 45.

Kodkin V. L. Developing a system for continuous control of the functional status based on recording of electrical potentials and acoustic signals // Int. Conf. on Advances in Biomedicine and Biomedical Engineering, 6th Int. Conf. on Biotechnology and Bioengineering. Offenburg, Germany. 2017.

Levashova O., Levashov S. Non-invasive diagnostics of the functional state of the myocardium in children-sportsmen on the basis analysis of velocity characteristics of electric activity of the heart // Ural and Siberia Bull. Sports Sci. 2016. N 4 (12). P. 26–34.

References

Agadzhanian N.A., Baevsky R.M., Berseneva A.P. *Problemy adaptacii i uchenie o zdorov'e* [Problems of adaptation and health care doctrine]. Moscow, RUDN Univ. Publ., 2006, 284 p. (in Russian)

Baevsky R.M. Analiz variabelnosti serdechnogo ritma pri ispolzovanii razlichnyh elektrokardiologicheskikh system [Analysis of heart rate variability using various electrocardiological systems]. *J. Arrhythmol.*, 2001, no. 24, pp. 15-22. (in Russian)

Baevsky R.M. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma: istoriya I filosofiya, teoriya I praktika [Heart rate variability analysis: history and philosophy, theory and practice]. *Klin. Informat. i Telemed.* [Clinical Informatics and Telemedicine], 2004, no. 1, pp. 54-64. (in Russian)

Baevsky R.M., Ivanov G.G. Variabelnost serdechnogo ritma: teoreticheskie aspekty I vozmozhnosti klinicheskogo primeneniya [Heart rate variability: theoretical aspects and clinical application]. *Ultrasound and Functional Diagnostics*, 2015, no. 2, pp. 108-127. (in Russian)

Dorontsev A.V., Kozlyatnikova O.A. Psihofiziologicheskaya adaptatsiya k sportivnoj deyatel'nosti slaboslyshashchih futbolistov [Psychophysiological adaptation to sports activities of hearing-impaired football players]. *Astrakhan Med. J.*, 2013, vol. 8, no. 1, pp. 326-329. (in Russian)

Kulaichev A. P. *Metody I sredstva kompleksnogo analiza dannyh* [Methods and tools for complex data analysis]. Moscow, Forum Publ., 2017. 484 p. (in Russian)

Morozova M.P., Evseev A.M., Prohorova A.V., Mironova O.G., Banzelyuk E.N., Gavrilova S.A. Svyaz vegetativnogo tonusa devushek i yunoshej s ih psihologicheskim profilom lichnosti [The connection of the vegetative tone of girls and boys with their psychological personality profile]. *Human Physiol.*, 2020, vol. 46, no. 5, pp. 15-26. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0131164620050100>

Sudakov K.V. Informacionnyj princip v fiziologii: analiz s pozicij obshchej teorii funkcion'al'nyh system [Information principle in physiology: analysis from the standpoint of the general theory of functional systems]. *Progr. Physiol. Sci.*, 1995, vol. 26, no. 4, pp. 3-27. (in Russian)

Shiryayev O.Yu., Ivleva E.I. Narushenie vegetativnogo gomeostaza pri trevozhno-depressivnykh rasstroistvakh i metody ikh korrektsii [Disturbances of autonomic homeostasis in anxiety-depressive disorders and methods of their correction]. *Appl. Inform. Asp. Med.* 1999, vol. 2, no. 4, p. 45.

Kodkin V.L. Developing a system for continuous control of the functional status based on recording of electrical potentials and acoustic signals. *Proc. Int. Conf. on Advances in Biomedicine and Biomedical Engineering/6th Int. Conf. on Biotechnology and Bioengineering.. Offenburg, Germany.* 2017.

Levashova O., Levashov S. Non-invasive diagnostics of the functional state of the myocardium in children-sportsmen on the basis analysis of velocity characteristics of electric activity of the heart. *Ural and Siberia Bulletin Sports Sci.*, 2016, no. 4 (12), pp. 26-34.

Сведения об авторах

Емельянова Анна Сергеевна

доктор биологических наук, профессор
Рязанский государственный
агротехнологический университет
Россия, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1
e-mail: disert@rgatu.ru

Симонян Лусине Арменовна

кандидат медицинских наук, доцент,
заведующий кафедрой
Государственный социально-гуманитарный
университет
Россия, 140411, г. Коломна, ул. Зеленая, 30
e-mail: lusinesi1@mail.ru

Степура Евгений Евгеньевич

кандидат биологических наук, доцент
Государственный социально-гуманитарный
университет
Россия, 140411, г. Коломна, ул. Зеленая, 30
e-mail: chimik89@mail.ru

Information about the authors

Emelyanova Anna Sergeevna

Doctor of Science (Biology), Professor
Ryazan State Agrotechnological University
1, Kostycheva st., Ryazan, 390044, Russian
Federation
e-mail: disert@rgatu.ru

Simonyan Lusine Armenovna

Candidate of Science (Biology), Associate
Professor, Head of Department
State Social and Humanitarian University
30, Zelenaya st., Kolomna, 140411, Russian
Federation
e-mail: lusinesi1@mail.ru

Stepura Evgeny Evgenievich

Candidate of Science (Biology), Associate
Professor
State Social and Humanitarian University
30, Zelenaya st., Kolomna, 140411, Russian
Federation
e-mail: chimik89@mail.ru