

ОЦЕНКА ГОТОВНОСТИ К НАГРУЗКЕ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ДАННЫХ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

И.И. Новикова¹, Е.В. Усачева², О.М. Куликова³, И.П. Флянку⁴

¹Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Новосибирск, Россия,

²Омский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Омск, Россия,

³Частное учреждение образовательная организация высшего образования «Омская гуманитарная академия», г. Омск, Россия,

⁴Страховая компания «СОГАЗ-Мед», г. Омск, Россия

Цель исследования. Определить готовность обучающихся к выполнению нагрузок на основе анализа данных вариабельности сердечного ритма. **Материалы и методы.** Проведено экспериментальное исследование с участием 193 юношей, обучающихся в университете физической культуры и спорта в возрасте от 19 до 21 года. Для определения готовности обучающихся к выполнению нагрузок за 1 месяц до начала сессии проведен эксперимент, во время которого обучающиеся выполняли интеллектуальную нагрузку в течение 5 минут, при этом осуществлялась регистрация частоты сердечных сокращений и интервалов R-R. Проводился анализ и сопоставление показателей вариабельности сердечного ритма и успеваемости. Расчеты проводились в программе Statistica 6.0. **Результаты.** На этапе включения в эксперимент у всех испытуемых регистрировалось состояние покоя системы дыхания и гемодинамики, а показатели вариабельности сердечного ритма указывали на оптимальность функционирования сердечно-сосудистой системы при используемом для эксперимента виде нагрузок. **Заключение.** При анализе функционального состояния обучающихся на основе комплексной оценки показателей вариабельности сердечного ритма установлено, что 56 % обучающихся находились в состоянии эмоционального возбуждения, 18 % – психического напряжения, т. е. у 74 % испытуемых изменение функционирования вегетативной нервной системы адекватно нагрузке. Использование метода оценки вариабельности сердечного ритма с определением функционального класса в предсессионном периоде позволяет определить готовность испытуемого к сессии и открывает перспективу для продолжения исследований с целью разработки здоровьесберегающих технологий обучения.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, обучающиеся, интеллектуальная нагрузка, успеваемость.

Введение. В современных условиях обучения у студентов растет уровень стрессогенного эффекта сессии, от результатов которой зависит судьба обучающихся [13, 15]. Особенно актуальным данный вопрос становится в физкультурных вузах, поскольку в них процесс формирования теоретических знаний у студентов сочетается с интенсивной физической подготовкой, получением спортивной квалификации [2, 8].

Эмоциональное напряжение, возникающее у студентов до экзаменов, постепенно растет по мере приближения сессии, что приводит к изменению их работоспособности во время самого экзамена, нарушению концентрации внимания, способствует изменению когнитивной деятельности и работоспособно-

сти в целом, создаются предпосылки к снижению вероятности достижения желаемого результата [10–12].

Состояние стресса может быть оценено по состоянию вегетативной нервной системы (ВНС) [1, 6, 11, 14, 16]. Изменения в функционировании ВНС у обучающихся во время сессии отражают состояние регуляторных механизмов сердечного ритма [7]. В исследованиях П.Л. Стукалова (2004) показано, что 59 % студентов осуществляют свою деятельность в условиях хронического психоэмоционального стресса, а 27 % – входят в группу риска [9].

Остаются малоизученными вопросы выделения в предсессионный период студентов, которые в силу усугубления стресса во время

самой сессии имеют риск получения неудовлетворительного результата. Своевременное выявление обучающихся группы риска позволит применить методы коррекции психоэмоционального состояния, направленные на уменьшение стресса, улучшить результаты сессии и повысить мотивацию к обучению.

Цель исследования. Определить готовность обучающихся спортивных вузов к выполнению нагрузок на основе анализа данных variability сердечного ритма.

Материалы и методы. Проведено экспериментальное исследование с участием 193 юношей, обучающихся в Сибирском государственном университете физической культуры и спорта, в возрасте от 19 до 21 года. Для определения готовности обучающихся к выполнению нагрузок за 1 месяц до начала летней сессии проведен эксперимент, заключающийся в том, что обучающиеся выполняли интеллектуальную нагрузку в течение 5 минут, во время которой осуществлялась регистрация частоты сердечных сокращений (ЧСС) и запись интервалов R-R с помощью пульсометра Polar V800. Испытуемым предлагалось решить задачу «Расчет коэффициентов линейной регрессии между весом и ростом». Данная нагрузка является типовой для дисциплин 2-го курса спортивного вуза и аналогична заданиям, используемым во время экзаменационной сессии.

У каждого испытуемого также проведена антропометрия с измерением роста, веса, расчета индекса массы тела (ИМТ) по Кетле, артериального давления (АД), ЧСС и частоты дыхательных движений (ЧДД) в покое.

Расчеты проводились в программах Statistica 6.0 и MATLAB 2009.

Все массивы полученных данных отредактированы от артефактов с применением методов когнитивного и экспертного анализа. Из расчета исключались испытуемые, у которых запись R-R-интервалов имела более 30 % артефактов. В данном случае из 193 испытуемых данному критерию соответствовало 3 человека.

В исследовании анализировались следующие показатели BCP: M, Mo, AMo, IH, SDNN, CV, RMSSD, VR, IBP, BIP, HF, LF, VLF, LF/HF, TP, индекс централизации – рассчитываемые по алгоритмам, приведенным в источнике [3]. Функциональный класс (ФК) испытуемого определялся с применением метода, разработанного В.А. Машиним [4, 5].

Успеваемость испытуемых оценивалась на основании трех показателей: 1) отметка за выполненное во время эксперимента задание; 2) средний балл за предшествующий третий семестр обучения; 3) средний балл за сессию после проведенного эксперимента. Для оценки успеваемости использована традиционная для России пятибалльная шкала.

Оценка массива данных на нормальность распределения проводилась с использованием критерия Шапиро – Уилка. Поскольку данные имеют распределение, отличное от нормального, это определило в дальнейшем применение методов непараметрической статистики с указанием медианы, верхнего и нижнего квартилей. Для сравнения несвязанных данных использован Mann – Whitney U-Test, для оценки связи между переменными – Kendall Tau Correlations.

Результаты исследования. Клиническая характеристика испытуемых представлена в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Характеристика испытуемых в покое (Me (25; 75)) (n = 193)
Clinical characteristics of subjects at rest (Me (25; 75)) (n = 193)

Клинические параметры Clinical characteristics	Общая группа General group (n = 193)
Возраст, лет / Age, years	20 (19; 20)
Индекс массы тела, кг/м ² / Body mass index, kg/m ²	23 (21; 24)
Систолическое артериальное давление в покое, мм рт. ст. Systolic blood pressure at rest, mmHg	119 (115; 124)
Диастолическое артериальное давление в покое, мм рт. ст. Diastolic blood pressure at rest, mmHg	84 (82; 87)
Частота сердечных сокращений в покое, уд./мин / Heart rate at rest, beats/min	64 (60; 67)
Частота дыхательных движений в покое, в мин / Respiratory rate at rest, times per min	15 (13; 17)

Как видно из табл. 1, антропометрические данные, показатели АД, ЧСС и ЧДД у всех испытуемых были в пределах нормальных значений, что исключает влияние данных показателей на variability сердечного ритма (ВСР) и отражает состояние покоя системы дыхания (газообмена) и гемодинамики перед проведением эксперимента.

Результаты исследования временных показателей ВСР представлены в табл. 2.

Для анализа временных показателей ВСР проводилось их сопоставление с показателями нормы [4]. Из всех представленных показателей ВСР наиболее информативным является показатель ИВР, который отражает соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов ВНС. В данном случае у обучающихся во время выполнения интеллектуальной нагрузки выявлено два вида состояний: **незначительное преобладание парасимпатического отдела, расслабление** имело место у 64,7 % (123 испытуемых), а у 35,3 % (67 испытуемых) – **вегетативный баланс находился в равновесии**.

То есть **временные показатели ВСР** подтверждают оптимальность используемого автотомометра для эксперимента вида нагрузок.

Результаты исследования частотных показателей ВСР представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, во время выполнения задания общая мощность спектра была выше нормы, что свидетельствует об улучшении вегетативного обеспечения, наступающего при выполнении интеллектуальной нагрузки.

В ходе исследования установлено, что среди испытуемых преобладали лица с ФК 3 (эмоциональное возбуждение, 30 %), ФК 4 (эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности, 26 %) и ФК 1 (норма, 21 %). Лиц, имеющих психическое напряжение (ФК 5), было 18 %. Самая малочисленная группа представлена лицами с ФК 2 (норма с преобладанием симпатической активности, 5 %). Испытуемых с ФК 6–8 в исследовании не выявлено.

Для оценки взаимосвязи между функциональным состоянием и успеваемостью обучающихся проведен анализ данных – «отметка

Таблица 2
Table 2

Результаты исследования временных показателей variability сердечного ритма
Time domain measurements of heart rate variability

Временные показатели ВСР (Me (25; 75)) Time domain measurements (Me (25; 75))	Общая группа (n = 190) General group (n = 190)
M, мс / M, ms	798,0 (721,3; 896,7)
Mo, мс / Mo, ms	817,1 (711,1; 891,7)
AMo, % / AMo, %	30,5 (25,9; 41,9)
ИИ, усл. ед. / SI, conv. Units	49,2 (37,4; 104,9)
SDNN, мс / SDNN, ms	67,9 (51,6; 79,5)
CV, % / CV, %	7,8 (6,6; 9,8)
RMSSD, мс / RMSSD, ms	41,1 (30,1; 57,2)
VR, мс / VR, ms	0,369 (0,271; 0,432)
Индекс вегетативного равновесия, усл. ед. Index of autonomic balance, conv. Units	78,9 (62,0; 152,4)
Вегетативный показатель ритма, усл. ед. Autonomic index of HRV, conv. Units	3,4 (2,5; 4,8)

Таблица 3
Table 3

Результаты исследования частотных показателей variability сердечного ритма (Me (25; 75)) (n = 190)
Frequency indicators of heart rate variability (Me (25; 75)) (n = 190)

Частотные показатели ВСР (Me (25; 75)) Frequency indicators (Me (25; 75))	Общая группа (n = 190) General group (n = 190)
HF, % / HF, %	50,5 (37,6; 62,2)
LF, % / LF, %	46,7 (37,7; 55,6)
VLF, % / VLF, %	1,8 (0,5; 6,1)
LF/HF / LF/HF	0,9 (0,6; 1,4)
TP, мс ² / TP, ms ²	1745,0 (1068,7; 2634,0)
Индекс централизации / Centralization index	55,9 (15,4; 218,0)

Данные об успеваемости испытуемых
Academic success data

Показатель (Me (25; 75)) Parameter (Me (25; 75))	Успеваемость обучающихся (n = 190) Academic success (n = 190)		
	ОТМЕТКА NOTE	РЕЙТИНГ RANKING	СЕССИЯ EXAMS
Группа «норма», n = 50 “Norm” group, n = 50	3,0 (3,0; 4,0)	3,7 (3,6; 3,9)	3,6 (3,3; 4,1)
Группа «эмоциональное возбуждение», n = 106 “Excitement” group, n = 106	3,0 (3,0; 4,0)	3,8 (3,7; 4,2)	4,2 (4,1; 4,5)
Группа «психическое напряжение», n=34 “Mental stress” group, n = 34	4,0 (4,0; 4,0)	4,1 (3,9; 4,3)	4,3 (4,0; 4,4)
Mann – Whitney U-Test	p* = 0,76 p** = 0,002 p*** < 0,001	p* = 0,18 p*** < 0,001 p*** < 0,001	p* < 0,001 p*** < 0,001 p*** = 0,5

Примечание: p* – различия между группами «норма» и «эмоциональное возбуждение»; p** – различия между группами «норма» и «психическое напряжение»; p*** – различия между группами «эмоциональное возбуждение» и «психическое напряжение».

Note: p* – differences between the “norm” and “excitement” groups; p** – differences between the “norm” and “mental stress” groups; p*** – differences between the “excitement” and “mental stress” groups.

за задание, выполняемое во время эксперимента» (далее – ОТМЕТКА), «средний балл за третий семестр» (далее – РЕЙТИНГ), «средний балл за сессию после проведения эксперимента» (далее – СЕССИЯ) – для объединенных групп: группа «норма», куда вошли испытуемые с ФК 1–2, группа «эмоциональное возбуждение», куда вошли испытуемые с ФК 3–4, группа «психическое напряжение», куда вошли испытуемые с ФК 5. Между указанными группами установлены статистически значимые различия по успеваемости (Median Test, p = 0,0000), результаты которой приведены в табл. 4.

Как видно из табл. 4, в группе «эмоциональное возбуждение» и «психическое напряжение» результаты сессии были статистически значимо лучше, чем в группе «норма», при этом в группах «эмоциональное возбуждение» и «психическое напряжение» результаты сессии были идентичными. Следовательно, результаты сессии у испытуемых ФК 1–2 хуже, чем у испытуемых ФК 3–5.

При анализе взаимосвязи между показателями успеваемости установлено, что между показателями ОТМЕТКА и РЕЙТИНГ имеется **средней силы** положительная статистически значимая связь (Kendall Tau Correlations, r = 0,64, p < 0,001), т. е. при более высоком среднем балле за семестр будет более высокая отметка за задание в рамках учебного процесса. Между показателями успеваемости

ОТМЕТКА и РЕЙТИНГ имеется **слабая** статистически значимая связь с показателем СЕССИЯ (Kendall Tau Correlations, r = 0,25, p < 0,05; r = 0,29, p < 0,05 соответственно). При этом между показателем СЕССИЯ и ФК установлена статистически значимая связь **средней силы** (Kendall Tau Correlations, r = 0,66, p < 0,001).

Обсуждение. При анализе показателей ВСР, полученных в ходе эксперимента, выявлено, что улучшение вегетативного обеспечения во время нагрузки отражает адаптивную реакцию ВНС. Установлено, что среди испытуемых при выполнении интеллектуальной нагрузки преобладали лица с физиологической реакцией на нагрузку – эмоциональное возбуждение (ФК 3–4 – 56 %) и психическое напряжение (ФК 5 – 18 %), что типично для воздействия когнитивного компонента психической нагрузки [7]. У 27 % испытуемых зарегистрирован ФК 1–2, что соответствует расслаблению и отсутствию физиологической вегетативной реакции на нагрузку. Данная реакция на интеллектуальную нагрузку позволяет предположить, что испытуемым с ФК 1–2 можно давать более сложные задания, чем предложенные. Однако предположение о том, что сложность заданий, предлагаемых для решения, необходимо выбирать в зависимости от ФК, требует подтверждения в других экспериментах и открывает перспективы для дальнейших исследований. Отсутствие среди

испытуемых лиц с ФК 6–8 свидетельствует о том, что использованная в процессе эксперимента нагрузка является адекватной, выполнимой, не вызывает **психического утомления** и потерю энергетических ресурсов.

Наличие средней силы положительной статистически значимой связи между успеваемостью во время сессии и ФК во время выполнения эксперимента в предэкзаменационном периоде позволяет для оценки готовности испытуемого к сессии предложить метод исследования ВСР с определением ФК. Слабая связь между ФК испытуемого во время эксперимента и двумя показателями – отметкой за задание во время эксперимента и семестровый рейтингом – указывает на то, что использовать вариант оценки готовности к сессии как по отметке за задание, так и на основании семестрового рейтинга нецелесообразно. Те испытуемые, которые имеют ФК 3, ФК 4 и ФК 5 готовы к сессии, у них ожидаются хорошие результаты. Испытуемые, имеющие ФК 1–2, нуждаются в изменении режима подготовки к сессии в виде разработки персонализированной коррекции учебного плана, однако этот вопрос, так же как и возможное появление испытуемых с ФК 6–8, открывает перспективы для дальнейших исследований.

Выводы

1. При анализе функционального состояния обучающихся установлено, что у 74 % испытуемых имеет место физиологическое изменение функционирования ВНС адекватное нагрузке. Данный факт подтверждается увеличением общей мощности спектра, улучшением вегетативного обеспечения при нагрузке и отсутствием во время эксперимента лиц с психическим утомлением.

2. У 26 % обучающихся отсутствует адекватная реакция на нагрузку (лица с ФК 1–2), что указывает на вероятность вегетативной дисфункции и требует дополнительного анализа состояния ВНС.

3. Поскольку у испытуемых, имеющих во время выполнения нагрузки эмоциональное возбуждение и психическое напряжение, результаты сессии лучше, чем у лиц, находящихся во время нагрузки в состоянии расслабления и покоя, то использование метода оценки ВСР с определением ФК в предэкзаменационном периоде позволяет определить готовность испытуемого к сессии и продолжить научные исследования с целью разра-

ботки здоровьесберегающих технологий обучения.

Литература

1. Белова, Е.Л. Умственная нагрузка и variability сердечного ритма спортсменов / Е.Л. Белова, А.Д. Викулов // Третья всерос. с междунар. участием школа-конференция по физиологии кровообращения: материалы конференции. – 2004. – С. 50–51.

2. Копаев, В.П. Гармонизация умственных и физических нагрузок как условие повышения эффективности обучения студентов физкультурных вузов / В.П. Копаев // Теория и практика физ. культуры и спорта. – 2000. – № 5. – С. 22–24.

3. Кубланов, В.С. Анализ биомедицинских сигналов в среде MATLAB: учеб. пособие / В.С. Кубланов, В.И. Борисов, А.Ю. Долганов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 120 с.

4. Машин, В.А. Анализ variability ритма сердца при негативных функциональных состояниях в ходе сеансов психологической релаксации / В.А. Машин, М.Н. Машина // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 4. – С. 48–54.

5. Машин, В.А. К вопросу классификации функциональных состояний человека / В.А. Машин // Эксперимент. психология. – 2011. – Т. 4, № 1. – С. 40–57.

6. Особенности регуляции ритма сердца у студентов-спортсменов на разных этапах учебного процесса / О.Г. Коурова [и др.] // Наука и спорт: современные тенденции. – 2017. – Т. 17. – № 4 (17). – С. 17–21.

7. Оценка функционального состояния организма студентов в период экзаменационного стресса / Э.А. Алексеева, Л.Н. Шантанова, А.Н. Петунова, И.К. Иванова // Вестник Бурят. гос. ун-та. Медицина и фармация. – 2010. – № 12. – С. 108–113.

8. Попова, Т.В. Влияние экзаменационного стресса на психоэмоциональное состояние у студентов-спортсменов с разной успеваемостью / Т.В. Попова // Изв. Тульского гос. ун-та. Физ. культура. Спорт. – 2015. – № 3. – С. 141–146.

9. Попова, Т.В. Изменения нейродинамических показателей у студентов-спортсменов в период сессии / Т.В. Попова, О.Г. Коурова, Г.И. Максимова // Изв. Тульского гос. ун-та. Физ. культура. Спорт. – 2014. – № 3. – С. 132–137.

10. Discrimination of multiple stress levels in virtual reality environments using heart rate variability / J. Ham et al. // 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). – IEEE, 2017. – P. 3989–3992.
11. Effects of heart rate variability biofeedback training in athletes exposed to stress of university examinations / V. Deschodt-Arsac et al. // *PloS one*. – 2018. – Vol. 13. – No. 7. – P. 14–20.
12. “Konkooor Giant”, a narrative of high school female students from Gorgan, Iran / S. Arab et al. // *International journal of adolescent medicine and health*. – 2017. – Vol. 31. – P. 13–19.
13. Koshova, S.P. Characteristics of stress resistance and adaptive potential in the training of doctors in the system of postgraduate education / S.P. Koshova, A.H. Krut // *Wiadomosci lekarskie (Warsaw, Poland: 1960)*. – 2018. – Vol. 71. – No. 7. – P. 1379–1384.
14. Mutual information between heart rate variability and respiration for emotion characterization / M.T. Valderas et al. // *Physiological measurement*. – 2019. – Vol. 40, no. 8. – P. 084001.
15. Sweeny K. Bracing Later and Coping Better: Benefits of Mindfulness During a Stressful Waiting Period / K. Sweeny, J.L. Howell // *Personality and Social Psychology Bulletin*. – 2017. – Vol. 43 (10). – P. 1399–1414.
16. Young, H. We should be using nonlinear indices when relating heart-rate dynamics to cognition and mood / H. Young, D. Benton // *Scientific reports*. – 2015. – Vol. 5. – P. 16619.

Новикова Ирина Игоревна, доктор медицинских наук, профессор, директор, Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 630108, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, 7. E-mail: novik_ir70@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-0557-2764.

Усачева Елена Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней, Омский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации. 644099, г. Омск, ул. Ленина, 12. E-mail: elenav.usacheva@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6134-1533.

Куликова Оксана Михайловна, кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник, ЧУОО ВО «Омская гуманитарная академия». 644105, г. Омск, ул. 4-я Челюскинцев, 2А. E-mail: ya.aaaaa11@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9082-9848.

Флянку Ирина Петровна, кандидат медицинских наук, доцент, ведущий специалист, страховая компания «СОГАЗ-Мед». 644043, г. Омск, Коммунистическая ул., 20. E-mail: flyanku@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-0212-5627.

Поступила в редакцию 27 мая 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm210303

READINESS FOR ACADEMIC LOAD ASSESSMENT USING HRV ANALYSIS

I.I. Novikova¹, novik_ir70@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-0557-2764,
E.V. Usacheva², elenav.usacheva@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6134-1533,
O.M. Kulikova³, ya.aaaaa11@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9082-9848;
I.P. Flyanku⁴, flyanku@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-0212-5627

¹Novosibirsk Research Institute of Hygiene Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russian Federation,

²Omsk State Medical University of the Ministry of Public Health of the Russian Federation, Omsk, Russian Federation,

³Omsk Academy of the Humanities, Omsk, Russian Federation,

⁴SOGAZ-Med Insurance Company, Omsk, Russian Federation

Aim. The paper aims to investigate readiness for academic load among students using heart rate variability data. **Materials and methods.** 193 male students of the university of physical education and sport aged from 19 to 21 years took part in the experiment. Readiness for academic

load was assessed one month before exams. The students were subjected to a 5-minute cognitive load with simultaneous heart rate and R-R interval recording. A comparative analysis of HRV data and academic success was performed. Statistical processing of the data obtained was carried out in STATISTICA 6.0. **Results.** At the beginning of the experiment, the characteristics of the respiratory system at rest and hemodynamics data were obtained. Heart rate variability data indicated the optimal functioning of the cardiovascular system under cognitive load. **Conclusion.** A comprehensive HRV analysis revealed that 56% of students were excited and 18% experienced mental stress. Therefore, 74% of students experienced changes in the autonomic nervous system that were adequate to their cognitive load. The use of HRV analysis with simultaneous determination of a functional class before exams allows to measure readiness for academic load in students and provides prospects for the development of health-saving technologies.

Keywords: heart rate variability, students, cognitive load, academic success.

References

1. Belova E.L., Vikulov A.D. [Mental Load and Heart Rate Variability of Athletes]. *Tret'ya vserossiyskaya s mezhdunarodnym uchastiyem shkola-konferentsiya po fiziologii krovoobrashcheniya Materialy konferentsii* [Third All-Russian School-Conference on the Physiology of Blood Circulation with International Participation Conference Proceedings], 2004, pp. 50–51. (in Russ.)
2. Kopyayev V.P. [Harmonization of Mental and Physical Loads as a Condition for Increasing the Effectiveness of Teaching Students of Physical Culture Universities]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury i sporta* [Theory and Practice of Physical Culture and Sport], 2000, no. 5, pp. 22–24. (in Russ.)
3. Kublanov V.S., Borisov V.I., Dolganov A.Yu. *Analiz biomeditsinskikh signalov v srede MATLAB: uchebnoye posobiye* [Analysis of Biomedical Signals in the MATLAB Environment]. Ekaterinburg, Ural Institute Publ., 2016. 120 p.
4. Mashin V.A., Mashina M.N. [Analysis of Heart Rate Variability in Negative Functional States during Psychological Relaxation Sessions]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2000, vol. 26, no. 4, pp. 48–54. (in Russ.) DOI: 10.1007/BF02760270
5. Mashin V.A. [On the Issue of Classification of Human Functional States]. *Ekspierimental'naya psikhologiya* [Experimental Psychology], 2011, vol. 4, no. 1, pp. 40–57. (in Russ.)
6. Kourova O.G. et al. [Features of the Regulation of Heart Rhythm in Student Athletes at Different Stages of the Educational Process]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport. Modern Trends], 2017, vol. 17, no. 4 (17), pp. 17–21.
7. Alekseyeva E.A., Shantanova L.N., Petunova A.N., Ivanova I.K. [Assessment of the Functional State of the Organism of Students during the Examination Stress]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Meditsina i farmatsiya* [Bulletin of the Buryat State University. Medicine and Pharmacy], 2010, no. 12, pp. 108–113. (in Russ.)
8. Popova T.V. [Influence of Examination Stress on Psychoemotional State in Student-Athletes with Different Academic Performance]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Sport* [Bulletin of the Tula State University. Physical Education. Sport], 2015, no. 3, pp. 141–146. (in Russ.)
9. Popova T.V., Kourova O.G., Maksutova G.I. [Changes in Neurodynamic Indicators in Student Athletes during the Session]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Sport* [Bulletin of the Tula State University. Physical Education. Sport], 2014, no. 3, pp. 132–137. (in Russ.)
10. Ham J. et al. Discrimination of Multiple Stress Levels in Virtual Reality Environments Using Heart Rate Variability. *39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. – IEEE, 2017, pp. 3989–3992. DOI: 10.1109/EMBC.2017.8037730
11. Deschodt-Arsac V. et al. Effects of Heart Rate Variability Biofeedback Training in Athletes Exposed to Stress of University Examinations. *PloS one*, 2018, vol. 13, no. 7, pp. 14–20. DOI: 10.1371/journal.pone.0201388
12. Arab S. et al. “Konkooor Giant”, a Narrative of High School Female Students from Gorgan, Iran. *International Journal of Adolescent Medicine and Health*, 2017, vol. 31, pp. 13–19. DOI: 10.1515/ijamh-2017-0057

13. Koshova S.P., Krut A.H. Characteristics of Stress Resistance and Adaptive Potential in the Training of Doctors in the System of Postgraduate Education. *Wiadomosci lekarskie (Warsaw, Poland: 1960)*, 2018, vol. 71, no. 7, pp. 1379–1384.

14. Valderas M.T. et al. Mutual Information between Heart Rate Variability and Respiration for Emotion Characterization. *Physiological Measurement*, 2019, vol. 40, no. 8, p. 084001. DOI: 10.1088/1361-6579/ab310a

15. Sweeny K., Howell J.L. Bracing Later and Coping Better: Benefits of Mindfulness during a Stressful Waiting Period. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 2017, vol. 43 (10), pp. 1399–1414. DOI: 10.1177/0146167217713490

16. Young H., Benton D. We should be Using Nonlinear Indices when Relating Heart-Rate Dynamics to Cognition and Mood. *Scientific Reports*, 2015, vol. 5, 16619 p. DOI: 10.1038/srep16619

Received 27 May 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Оценка готовности к нагрузке на основании анализа данных вариабельности сердечного ритма / И.И. Новикова, Е.В. Усачева, О.М. Куликова, И.П. Флянку // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 23–30. DOI: 10.14529/hsm210303

FOR CITATION

Novikova I.I., Usacheva E.V., Kulikova O.M., Flyanku I.P. Readiness for Academic Load Assessment Using HRV Analysis. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 23–30. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210303
