

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА КОГНИТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ И ДИНАМИКУ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ

Николаева Т.М.¹, Голубева Е.К.¹

¹*ФГБОУ ВО «Ивановская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Иваново, e-mail: tania020480@yandex.ru*

Эффективность учебного процесса тесно связана с уровнем физической и умственной активности студентов. Чрезмерные физические нагрузки могут приводить к развитию утомления и снижать умственную работоспособность. Состояние сердечно-сосудистой системы отражает развитие адаптивных реакций организма на действия различных факторов. Для оценки сердечной деятельности и особенностей ее регуляции при когнитивной и физической нагрузке используют анализ variability сердечного ритма (ВСР). Целью работы является изучение влияния физической нагрузки на умственную работоспособность и изменение показателей ВСР при когнитивной деятельности. Исследование ВСР проводили с использованием комплекса «Поли-Спектр» («Нейрософт», Иваново). Для моделирования физической нагрузки использовали Гарвардский степ-тест. Когнитивную нагрузку воспроизводили с помощью коррективного буквенного теста, на основании результатов которого оценивали умственную работоспособность. Физическая и умственная нагрузка приводят к активации симпатического отдела вегетативной нервной системы и вызывают напряжение центральных механизмов регуляции сердечного ритма. При физической нагрузке наблюдаются более выраженные отклонения параметров ритма сердца. Усиление симпатической активности и централизация механизмов управления сердечного ритма при мышечной работе приводят к уменьшению степени влияния умственной деятельности на variability ритма сердца на фоне нарушения когнитивных функций, что подтверждается снижением концентрации и устойчивости внимания и является признаком утомления.

Ключевые слова: variability сердечного ритма, физическая нагрузка, умственная нагрузка, вегетативный баланс, умственная работоспособность.

INFLUENCE OF PHYSICAL LOAD ON COGNITIVE ABILITIES AND DYNAMICS OF HEART RATE VARIABILITY DURING MENTAL ACTIVITY IN STUDENTS

Nikolaeva T.M.¹, Golubeva E.K.¹

¹*Ivanovo State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation, Ivanovo, e-mail: tania020480@yandex.ru*

The effectiveness of the educational process is closely related to the level of physical and mental activity of students. Excessive physical activity can lead to the development of fatigue and reduce mental performance. The state of the cardiovascular system reflects the development of adaptive reactions of the body to the action of various factors. Heart rate variability (HRV) analysis is used to assess cardiac activity and the characteristics of its regulation during cognitive and physical activity. The aim of the work is to study the effect of physical activity on mental performance and changes in HRV parameters during cognitive activity. The HRV study was performed using the Poly-Spectrum complex (Neurosoft, Ivanovo). The Harvard step test was used to simulate physical activity. The cognitive load was reproduced using a corrective letter test, based on the results of which mental performance was assessed. Physical and mental load lead to the activation of the sympathetic division of the autonomic nervous system and cause tension in the central mechanisms of heart rhythm regulation. During physical activity, there are more pronounced deviations of the heart rhythm parameters. Increased sympathetic activity and centralization of heart rate control mechanisms during muscular work leads to a decrease in the degree of influence of mental activity on heart rate variability against the background of impaired cognitive functions, which is confirmed by a decrease in concentration and stability of attention and is a sign of fatigue.

Keywords: heart rate variability, physical load, mental load, vegetative balance, mental performance.

Для обеспечения эффективности учебного процесса необходимо поддержание оптимального уровня умственной работоспособности. Увеличение объема учебных нагрузок и психоэмоционального напряжения приводит к снижению успеваемости и ухудшению

состояния здоровья обучающихся [1]. Важную роль в повышении продуктивности учебного процесса, сохранении здоровья и профилактике нервно-эмоциональных расстройств играет физическая активность. Установлено, что мышечная нагрузка влияет на умственную работоспособность, на концентрацию и устойчивость внимания, способность запоминать и перерабатывать информацию [2]. Согласно большинству исследований, физические нагрузки низкой интенсивности не оказывают значительного влияния на работоспособность, а чрезмерные могут приводить к развитию утомления и существенно снижать умственную работоспособность. Интенсивная мышечная активность способствует расширению кровеносных сосудов скелетных мышц, нормализации сосудистого тонуса, улучшению кровоснабжения тканей [3]. Чередование физической и умственной нагрузки должно быть тщательно продуманным и адекватным, поскольку чрезмерная физическая активность может являться дезадаптивным фактором [4]. Известно, что утомление часто возникает при интенсивных физических нагрузках, приводя к изменению симпатико-парасимпатического равновесия [5]. Состояние сердечно-сосудистой системы, регулируемое вегетативной нервной системой (ВНС), отражает развитие приспособительных реакций организма к действию различных факторов [6]. Одной из информативных методик оценки сердечной деятельности и особенностей ее регуляции при когнитивной и физической нагрузке является анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР). Показатели ВСР позволяют оценить эффективность взаимодействия сердца и других систем организма, его адаптационные возможности, вегетативный баланс, а также избежать перетренированности. Актуальным является определение уровня двигательной активности, оптимального для поддержания физической и умственной работоспособности организма, а также оценка влияния мышечной нагрузки на состояние сердечно-сосудистой системы и умственную работоспособность.

Цель исследования – изучить влияние физической нагрузки на умственную работоспособность и изменение показателей ВСР при когнитивной деятельности у студентов.

Материалы и методы исследования. Для исследования были отобраны 27 студентов-добровольцев (мужского пола) без специальной физической подготовки, имеющих нормальное физическое развитие и двигательный режим. Средний возраст испытуемых составил $20,32 \pm 0,4$ г, масса тела – $78,67 \pm 4,30$ кг, рост – $177,60 \pm 3,50$ см. Для моделирования физической нагрузки использовали Гарвардский степ-тест: испытуемый осуществлял подъемы на ступеньку высотой 25 см в течение 5 минут. Количество восхождений на ступеньку в 1 минуту устанавливалось в зависимости от веса тела и мощности нагрузки ($600 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{мин.}$). Когнитивную нагрузку моделировали с помощью корректурного буквенного теста (проба Бурдона-Анфимова), позволяющего оценить умственную работоспособность. Определяли следующие показатели: время работы (t , сек.), производительность внимания (A ,

знаков/сек.), точность работы (Т, у.е.), коэффициент умственной продуктивности (Е, знаков), умственную работоспособность (А_у, знаков/сек.), скорость переработки информации (Q, бит/сек.).

ВСП исследовали с использованием комплекса «Поли-Спектр» («Нейрософт», Иваново). Кардиоритмограмму записывали в течение 5 минут в положении сидя до и после выполнения нагрузочных функциональных проб в соответствии с Международным стандартом. Исследовали статистические и спектральные показатели variability сердечного ритма: частоту сердечных сокращений (HR, уд./мин.), среднюю длительность интервалов R–R (RRNN, мс), стандартное отклонение SD величин нормальных интервалов R–R (SDNN, мс), общую мощность спектра (TP, мс²), нормированную мощность низких частот (LFnorm, у.е.), нормированную мощность высоких частот (HFnorm, у.е.), процент низкочастотных колебаний в диапазоне частот 0,04–0,40 Гц (%LF, %), процент высокочастотных колебаний в диапазоне частот 0,15–0,40 Гц (%HF, %), коэффициент симпатовагусного баланса (LF/HF, у.е.), индекс централизации (ИЦ, у.е.), индекс вегетативного равновесия (ИВР, у.е.), вегетативный показатель ритма (ВПР, у.е.), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР, у.е.), стресс-индекс (SI, у.е.); индекс симпто-адреналового тонуса (САТ, %), индекс активации подкорковых нервных центров (ИАП, у.е.). В сравнительном аспекте исследовали изменение ВСП при умственной (далее – умственная нагрузка 1) и физической нагрузке. Оценивали особенности ВСП при умственной нагрузке после предварительной мышечной деятельности (далее – умственная нагрузка 2). Рассчитывали величину отклонения параметров ВСП (Δ) при выполнении нагрузочных проб.

Статистический анализ результатов проводили с использованием программ Excel и Statistica. Оценка нормальности распределения в выборках производилась по критериям Колмогорова-Смирнова (с поправкой Лиллиефорса) и Шапиро-Уилка. На основании произведенного анализа было принято решение отклонить нормальность распределения в выборках и использовать непараметрические критерии (U-критерий Манна-Уитни). Совокупности количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, описывались при помощи значений медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1-Q3). В таблицах представлены: Me – медиана, [Q1, Q3] – интерквартильный интервал (25% и 75% перцентили). Уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимали $\leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. При сравнительном анализе variability сердечного ритма до и после выполнения корректурной пробы выявлено изменение ряда временных и спектральных параметров (табл. 1). Умственная нагрузка 1 способствует увеличению ЧСС. Показатель RRNN уменьшается на 6,9% по сравнению с

контролем. Это может свидетельствовать о повышении активности симпатического отдела ВНС и напряжении механизмов регуляции системы кровообращения [7].

Таблица 1

Вариабельность сердечного ритма при умственной нагрузке 1

Показатель	Контроль (до умственной нагрузки 1) (n=27)	Умственная нагрузка 1 (n=27)	Показатель	Контроль (до умственной нагрузки 1) (n=27)	Умственная нагрузка 1 (n=27)
HR, уд/мин.	72,80 [70,95;78,62]	80,20 [76,45;85,87] *(p=0,0028)	%LF, %	27,70 [18,45;39,40]	41,35 [33,40;47,55] *(p=0,0032)
RRNN, мс	801,00 [688,75;850,25]	721,00 [661,25;797,75] *(p=0,0453)	%HF, %	41,08 [37,21;52,90]	28,30 [19,15;37,50] *(p< 0,0001)
SDNN, мс	67,00 [51,25;85,50]	60,00 [41,25;70,75] *(p=0,0422)	ИЦ, у.е.	1,69 [1,32;23,77]	4,22 [2,21;15,72] *(p=0,0250)
TP, мс ²	4583,50 [1608,00; 6340,50]	2900,00 [951,00; 4414,00] *(p=0,0451)	SI, у.е.	49,25 [28,82;62,80]	52,25 [40,09;122,81] *(p=0,0258)
LFnorm, у.е.	35,90 [27,02;42,42]	70,10 [53,27;77,82] *(p< 0,0001)	ПАПР, у.е.	53,70 [38,15;61,55]	51,75 [38,25;69,70] (p= 0,7018)
HFnorm, у.е.	60,90 [53,88;68,55]	31,00 [26,87;47,70] *(p< 0,0001)	САТ, %	35,80 [33,60;38,80]	55,10 [50,20;57,50] *(p< 0,0001)
LF/HF, у.е.	0,70 [0,48;20,75]	2,59 [1,50;13,32] *(p= 0,0006)	ИАП, у.е.	1,05 [0,69;17,52]	2,02 [1,085;24,05] *(p=0,0333)

Примечание: * – статистически значимые различия с контролем (p ≤ 0,05).

Когнитивная нагрузка приводит к уменьшению SDNN, указывающему на понижение активности автономного контура. Об уменьшении парасимпатических влияний свидетельствует снижение TP, HFnorm, %HF. Увеличение LFnorm, %LF и LF/HF, ПАПР, САТ характеризует смещение вегетативного равновесия в сторону преобладания симпатического влияния [8]. Умственная нагрузка приводит к увеличению ИЦ, что связано с повышением роли центрального контура в регуляции сердечного ритма. Показатель SI, характеризующий уровень влияния нервной системы на работу сердца, увеличивается, свидетельствуя об адекватной реакции организма на умственное напряжение умеренной интенсивности. Умственная нагрузка приводит к увеличению ИАП, характеризующего активность сердечно-сосудистого подкоркового центра по отношению к более высоким уровням управления.

При физической нагрузке также наблюдается возрастание симпатической активности и напряжения регуляторных систем, что подтверждается значительным увеличением частоты сердечных сокращений у испытуемых (табл. 2).

Таблица 2

Вариабельность ритма сердца при физической нагрузке и умственной нагрузке 2

Показатель	Контроль (до проведения нагрузки) (n=27)	Физическая нагрузка (n=27)	Умственная нагрузка 2 (n=27)
HR, уд./мин.	75,90 [71,65;79,80]	90,40 [81,93;99,38] *(p< 0,0001)	85,90 [76,15;89,35] "(p = 0,015), #(p=0,0005)
RRNN, мс	751,00 [700,50;813,00]	665,00 [617,25;779,50] *(p=0,0118)	695,00 [671,50;810,25]
TP, мс ²	6813,00 [4791,50;8064,00]	2937,00 [1900,25;4202,00] *(p< 0,0001)	4300,00 [2664,25;5220,00] "(p=0,0051), #(p= 0,0001)
LFnorm, у.е.	37,20 [31,65;46,60]	66,70 [58,70;77,88] *(p< 0,0001)	60,60 [56,65;68,38] "(p< 0,0001)
HFnorm, у.е.	62,80 [53,40;68,35]	33,30 [22,13;41,30] *(p< 0,0001)	39,30 [31,63;43,35] "(p< 0,0001)
LF/HF, у.е.	0,59 [0,49;0,85]	2,47 [1,53;3,54] *(p< 0,0001)	1,69 [1,38;2,19] "(p< 0,0001)
%LF, %	25,95 [20,15;30,50]	41,20 [35,63;47,58] *(p< 0,0001)	42,70 [34,15;46,98] "(p< 0,0001)
%HF, %	41,20 [36,13;46,38]	22,10 [14,35;25,18] *(p< 0,0001)	26,90 [20,48;31,18] "(p=0,0075), #(p< 0,0001)
ИЦ, у.е.	1,42 [1,16;1,77]	3,80 [3,11;6,35] *(p< 0,0001)	3,30 [2,49;4,64] #(p< 0,0001)
SI, у.е.	41,01 [24,56;75,38]	140,37 [93,51;212,69] *(p< 0,0001)	106,84 [61,54;141,77] "(p= 0,0404), #(p< 0,0001)
CAT, %	75,00 [55,25;76,00]	136,00 [134,00;144,80] *(p<0,0001)	87,00 [77,25;93,75] "(p<0,0001), #(p<0,0001)
ИАП, у.е.	0,78 [0,57;1,29]	1,82 [1,52;2,94] *(p<0,0001)	1,23 [0,88;2,62] "(p= 0,0214), #(p=0,0055)

Примечание: * – статистически значимые различия параметров ВРС при физической нагрузке с контролем; " – статистически значимые различия параметров ВРС при умственной нагрузке 2 с контролем, # – статистически значимые различия параметров ВРС при умственной нагрузке 2 и физической нагрузке ($p \leq 0,05$).

Мышечная деятельность приводит к снижению временных показателей ритма сердца (RRNN) по сравнению с контролем, характеризуя понижение активности автономного контура и усиление симпатических влияний. Анализ спектральных показателей позволил выявить преобладание симпатического отдела над парасимпатическим. Так, TP и HFnorm после степ-нагрузки снижаются, а LFnorm – возрастает. Коэффициенты LF/HF, ИЦ, SI увеличиваются в ответ на физическую нагрузку, свидетельствуя об активации центральных механизмов

регуляции сердечного ритма. Происходит увеличение САТ, свидетельствующее о возбуждении симпатического отдела ВНС. Значение ИАП при мышечной деятельности также возрастает, что связано с ослаблением парасимпатического влияния.

После умственной нагрузки 2, выполненной сразу после физической, RRNN, TP, HFnorm, %HF ниже, чем в контроле. LFnorm, %LF и LF/HF при этом увеличены, что указывает на преобладание симпатического влияния на деятельность сердца. При этом реакция уже менее выражена, чем сразу по окончании физической нагрузки. ЧСС, LFnorm, %LF и LF/HF после умственной нагрузки 2 меньше, чем после мышечной, а RRNN, TP, HFnorm и %HF больше, что отражает уменьшение симпатического влияния на систему кровообращения. Меньшие значения ИЦ, SI, САТ при умственной нагрузке 2 подтверждают снижение степени симпатических влияний и свидетельствуют о меньшем напряжении механизмов регуляции сердечной деятельности.

Сравнительный анализ изменения параметров ВСР при нагрузочных пробах показал, что умственная нагрузка 1 оказывает меньшее влияние на работу сердца, чем физическая (табл. 3). Степень отклонения ЧСС после степ-теста в 2,3 раза выше, чем после корректурной пробы. Более значительное изменение TP, HF и SI отражает большую выраженность вегетативного эффекта физической деятельности, чем умственной. Отклонение HR, $\Delta\%VLF$, ИЦ и SI после обеих умственных нагрузок выражено одинаково. Однако ΔTP , ΔHF , $\Delta\%LF$, $\Delta\%HF$ при умственной нагрузке 2 значительно меньше, чем при умственной нагрузке 1 и при физической нагрузке. $\Delta ИЦ$ после умственной нагрузки 2 меньше по сравнению с физической, вероятно, вследствие меньшего нарастания активности центрального контура. Это может быть связано с перестройкой деятельности механизмов регуляции и повышением работоспособности вегетативно-висцеральных систем в результате физической нагрузки. Степень отклонения VLF% после умственной нагрузки 2 больше, чем после физической, что отражает напряжение регуляторных систем и является защитной реакцией со стороны подкоркового сердечного центра [9]. Комплексное влияние физической и умственной нагрузки 2 проявляется более выраженным уменьшением HF, чем при умственной нагрузке 1, при отсутствии статистически значимого различия ΔLF , что может быть связано с дисбалансом механизмов саморегуляции.

Таблица 3

Изменение показателей variability сердечного ритма
при умственной и физической нагрузке

Показатели	Умственная нагрузка 1 (n=27)	Физическая нагрузка (n=27)	Умственная нагрузка 2 (n=27)	Физическая нагрузка + умственная нагрузка 2 (n=27)
------------	---------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	--

ΔHR , уд./мин.	4,10 [2,53;9,07]	14,60 [7,02;20,37] *(p=0,0002)	5,40 [3,37;10,37] #(p= 0,0006)	7,10 [4,62;14,82]
ΔTP , мс ²	1872,00 [1306,50;2704,50]	3813,00 [1813,25;5115,50] *(p=0,0058)	1278,00 [756,50;1987,50] "(p=0,0182) #(p=0,0001)	3104,00 [1198,00;4022,25] ° (p = 0,0083)
ΔHF , мс ²	1213,00 [723,25;1728,00]	2053,00 [1433,00;2654,75] *(p = 0,0077)	451,00 [212,75;722,50] "(p< 0,0001) #(p< 0,0001)	1700,00 [1214,50;2268,50] °(p= 0,0439)
$\Delta LF/HF$, у.е.	1,67 [0,61;2,52]	1,80 [0,79;3,13]	0,87 [0,44;1,45] #(p= 0,0522)	0,97 [0,70;1,63]
$\Delta\%VLF$, %	8,20 [5,25;11,01]	4,50 [1,55;9,69]	10,20 [5,96;16,07] #(p= 0,0030)	12,10 [9,07;17,97] °(p = 0,0134)
$\Delta\%LF$, %	16,80 [5,60;29,12]	18,40 [9,52;24,52]	6,30 [3,82;13,97] "(p=0,0095) #(p= 0,0081)	18,50 [8,50;27,30]
$\Delta\%HF$, %	15,90 [7,97;22,82]	20,10 [11,95;23,77]	7,60 [3,77;15,27] "(p= 0,0102) #(p=0,0004)	16,50 [9,82;23,84]
$\Delta ИЦ$, у.е.	2,02 [0,66;3,59]	4,75 [2,46;6,25] *(p= 0,0014)	1,59 [1,04;3,40] # (p = 0,0009)	2,42 [1,37;4,77]
ΔSI , у.е.	36,52 [15,91;88,32]	91,91 [29,89;152,81] *(p= 0,0209)	38,39 [23,10;97,81]	54,07 [17,80;94,40]

Примечание: * – статистически значимые различия изменения показателей ВСП при умственной нагрузке 1 и физической нагрузке; " – статистически значимые различия изменения показателей ВСП при умственной нагрузке 1 и 2; # – статистически значимые различия изменения показателей ВСП при физической нагрузке и умственной нагрузке 2; ° – статистически значимые различия изменения показателей ВСП при умственной нагрузке 1 и комплексном действии физической и умственной нагрузки 2.

Результаты корректурного теста позволили выявить снижение когнитивных способностей испытуемых после физической нагрузки (табл. 4).

Таблица 4

Показатели корректурной пробы до и после физической нагрузки

Показатель	До физической нагрузки	После физической нагрузки
Время работы (t), сек.	144,00 [121,75;165,75]	198,00 [182,25;238,50] *(p< 0,0001)
Производительность внимания (A), знаков/сек.	9,26 [8,05;10,95]	6,73 [5,58;7,32] *(p< 0,0001)

Показатель точности работы (Т), у.е.	1,00 [0,97;1,00]	0,89 [0,87;0,92] *(p< 0,0001)
Умственная работоспособность (Аu), знаков/сек.	8,88 [7,89;10,89]	5,01 [4,18;5,40] *(p< 0,0001)
Показатель устойчивости концентрации внимания (Ку), у.е.	1334,00 [684,46;1334,00]	228,17 [171,13;342,25] *(p< 0,0001)
Скорость переработки (Q), бит/сек.	5,48 [4,77;6,48]	3,91 [3,28;4,30] *(p< 0,0001)

Примечание: * – статистически значимые различия с контролем ($p \leq 0,05$).

Так, отмечается снижение скорости переработки информации, о чем свидетельствует увеличение времени выполнения теста. Производительность внимания, характеризующая устойчивость внимания и продуктивность работы в динамике, также уменьшается. Снижены точность выполнения работы и коэффициент умственной продуктивности, что связано с уменьшением сосредоточенности при прохождении теста и свидетельствует о нарастании утомления. Это подтверждается значительным понижением устойчивости концентрации внимания у испытуемых при выполнении корректурного теста после мышечной нагрузки [10].

Заключение. Как физическая, так и умственная нагрузка сопровождается напряжением центральных механизмов регуляции сердечного ритма, что проявляется активацией симпатической нервной системы и более выражено при физической деятельности. Увеличение симпатической активности и централизация механизмов управления сердечного ритма при мышечной работе приводят к уменьшению степени влияния умственной деятельности на вариабельность ритма сердца на фоне нарушения когнитивных функций, что подтверждается снижением концентрации и устойчивости внимания и является признаком развивающегося утомления.

Список литературы

1. Лезарева Т.А., Лытаев С.А. Об эффективности механизмов психофизиологической адаптации в динамике учебно-образовательного процесса // Педиатр. 2019. Т.10. № 6. С.67–77. DOI: 10.17816/PED10667-77.
2. Пурьгина М.Г., Иванников А.А. Физическая и умственная работоспособность студентов и влияние на нее различных факторов // Новая наука: Опыт, традиции, инновации. 2017. Т. 2. № 4. С. 44–47.

3. Бессонова Е.А., Кайгородова Я.В., Кайгородов С.П., Лавриченко Р.К. Влияние физических нагрузок на сердечно-сосудистую систему // International Journal of Medicine and Psychology. 2021. Т. 4. № 5. С. 138–141.
4. Доронцев А.В., Светличкина А.А. Оценка факторов риска развития дезадаптивных реакций на физическую нагрузку различной направленности у мужчин среднего возраста // Человек. Спорт. Медицина. 2020. Т. 20. № 1. С.135–141. DOI: 10.14529/hsm200117.
5. Пономарева И.А. Физиология физической культуры и спорта. Ростов н/Д.: Южный федеральный университет, 2019. 212 с.
6. Ермакова И.В., Догадкина С.Б., Рублева Л.В. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы, автономной нервной регуляции сердечного ритма и эндокринной системы к нагрузкам разного характера у школьников 10–15 лет // Science for Education Today. 2019. Т. 9. № 5. С. 176–204. DOI: 10.15293/2658-6762.1905.11.
7. Лукина С.Ф., Чуб И.С., Борейко А.П. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма в процессе решения прогностической задачи у студентов северного вуза // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2018. Т. 15. № 2. С. 184–196. DOI: 10.22138/2500-0918-2018-15-2-184-196.
8. Чмож В.А. Выявление особенностей сердечного ритма студентов с различными адаптационными возможностями как аспект психической деятельности в условиях физиологического стресса // Modern Science. 2021. № 6-1. С. 51–54.
9. Смирнова А.В., Корякина О.А. Стресс и физиологический ответ организма. Экзаменационный стресс у студентов // Международный студенческий научный вестник. 2019. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19612> (дата обращения 16.11.2022).
10. Николаева Т.М., Голубева Е.К. Физическая нагрузка как фактор модуляции умственной работоспособности студентов // Вестник новых медицинских технологий. 2021. Т. 28. № 3. С. 54–57. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-3-54-57.