

ФИЗИОЛОГИЯ



УДК 612.171.1:159.923.31

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРДИОРИТМА В СОСТОЯНИИ КОГНИТИВНОГО ДИССОНАНСА У ЛИЦ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Р.Я.Власенко, М.Д.Киртадзе, А.В.Котов*

DYNAMICS OF HEART RATE IN PEOPLE WITH DIFFERENT LEVELS OF PHYSICAL ACTIVITY IN TERMS OF COGNITIVE DISSONANCE

R.Ia.Vlasenko, M.D.Kirtadze, A.V.Kotov*

*Институт медицинского образования НовГУ, romex@mail.ru***Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина РАНХ*

Проведен сравнительный анализ особенностей регуляции кардиоритма у студентов с различным уровнем физической активности. Исследована динамика показателей вариабельности сердечного ритма в состоянии относительного покоя и во время решения арифметических задач. Дана оценка результативности и скорости счета у лиц с разным уровнем физической активности. Под влиянием умственной нагрузки у всех испытуемых было отмечено увеличение частоты сердечных сокращений и уменьшение моды, свидетельствующие о симпатизации сердечного ритма. У лиц со средним уровнем физической активности при счете отмечено увеличение вклада медленных волн и высокая степень централизации регуляции ритма сердца. У лиц с высоким уровнем физической активности наблюдалось сохранение преобладания быстрых волн и более высокие параметры автономности регуляции кардиоритма. При этом для них характерна более высокая скорость счета при меньшем проценте правильных ответов.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, когнитивный диссонанс, двигательная активность*

This article presents the comparative analysis of heart rate regulation in people with different levels of physical activity. The authors studied the dynamics of heart rate variability at rest and during calculation. It has been also examined the quality and speed of counting in people with different levels of physical activity. During calculation all subjects have showed heart rate increase and mode decrease. The emotional stress and mental burden brings sympathetic system activation in cardiorhythm regulation. People with medium level of physical activity demonstrate growth of low frequency component of heart rate variability spectrum while counting. However, people with high level of physical activity show prevailing high frequency power and respiratory sinus arrhythmia. At the same time, they count faster but less efficiently.

Keywords: *heart rate variability, cognitive dissonance, physical activity*

Согласно Леону Фестингеру, когнитивные элементы познания человека могут быть взаимосвязанными или невязанными, соответствовать друг другу (быть консонантными) или находиться в противоречии (быть диссонантными). Таким образом, когнитивный диссонанс возникает, когда человек располагает двумя взаимосвязанными элементами, противоречащими друг другу. Степень и длительность когнитивного диссонанса зависит от биологической или социальной важности каждого из противоречивых когнитивных элементов [1], потенциально угрожающего возникновением нейроконфликта.

Механизмы возникновения психоэмоциональных конфликтов отражены и в ряде других теорий. Например, согласно теории функциональных систем академика П.К.Анохина отрицательные эмоции сопровождают возникновение потребностей, играющих конфликт-мобилизирующую роль и отражают несоответствие реально полученных параметров конечного результата осуществленной целенаправленной

деятельности параметрам, прогностически закодированным в акцепторе результата действия. Таким образом, для возникновения психоэмоционального конфликта необходимы неудовлетворенная потребность, формирующаяся на ее основе доминирующая мотивация и рассогласование между прогностическими и фактическими результатами действительности [2-4]. При этом, согласно П.В.Симонову, речь идет не только о качественных параметрах результата поведения, но и о вероятности его достижения. Возникновение эмоции отрицательного характера обусловлено дефицитом прагматической информации по сравнению с информацией, необходимой для удовлетворения существующей потребности [5]. По К.В.Судакову [4,6], для конфликт-индуцирующих отрицательных эмоций характерно их длительное последствие, сопровождающееся дезинтеграционными процессами в головном мозге.

Умственная деятельность субъекта может сочетаться с процессами конфликтного психоэмоцио-

нального напряжения. Функциональным сопровождением такого напряжения являются разнообразные изменения в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной и других вегетативных систем. В качестве наиболее чувствительных индикаторов приспособительных реакций организма могут рассматриваться характеристики деятельности сердечно-сосудистой системы и прежде всего показатели модуляции вариабельности кардиоритма, оперативно отражающие степень напряжения регуляторных систем [7,8].

Интегральное состояние целого организма как совокупный результат деятельности ряда функциональных систем определяется способностью управляющих воздействий обеспечить уравновешенность организма с окружающей средой. Достижение полезного приспособительного результата целенаправленной деятельности требует затрат энергии и информации, в связи с чем можно говорить о «физиологической цене» адаптации, которая определяется степенью напряжения регуляторных систем и величиной израсходованных функциональных резервов [9,10].

Целью настоящего исследования явилось изучение вегетативного обеспечения когнитивной деятельности студентов с разным уровнем физической активности.

Методика

В исследовании приняли участие 32 студента-добровольца 18-23 лет. Условия проведения экспериментов соответствовали этическим требованиям Хельсинкской декларации всемирной медицинской ассоциации. Испытуемые ($n = 18$), регулярно посещающие занятия физкультуры (2 часа в неделю), были отнесены в группу со средним уровнем физической активности (1 группа). Респонденты ($n = 14$), занимающиеся помимо этого в дополнительных секциях, были отнесены в группу с высоким уровнем физической активности (2 группа).

Для регистрации и последующего анализа показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) использовали комплекс функциональной диагностики «Валента». Использовали метод корреляционной кардиоритмографии (КРГ). Запись КРГ (400 кардиоинтервалов) осуществляли в горизонтальном положении лежа на кушетке в состоянии относительного покоя, в течение которого испытуемым предлагалось произ-

носить вслух двузначные и трехзначные числа, а также в состоянии конфликта, то есть когнитивной нагрузки, который моделировался с помощью серийного счета по Крепелину (500 – 7).

Для анализа результатов избрали следующие показатели ВСР: частота сердечных сокращений — ЧСС (уд/мин), мощность высокочастотных волн — HF (% от общей мощности спектра), мощность низкочастотных волн — LF (% от общей мощности спектра), симпато-вагальный индекс — LF/HF, мода — Мо (мс), амплитуда значений моды ряда нормальных кардиоинтервалов — Амо (%), коэффициент вариации — CV. Результативность счета оценивали с помощью процента правильных ответов (Т) и скорости счета (V).

Полученный экспериментальный материал был сведен в электронные таблицы Microsoft Excel XP и обработан с использованием общепринятых математико-статистических методов расчета основных параметров выборочных распределений. Данные представлены в виде $M \pm m$. Для оценки различий использовали T -критерий Вилкоксона.

Результаты исследования и их обсуждение

Динамика изменения характеристик ВСР на фоне когнитивной нагрузки у испытуемых представлена в таблице.

Изучение показателей ритмограммы сердца выявило, что выполнение серийного счета вызывало у студентов статистически достоверное увеличение ЧСС ($p < 0,01$), а следовательно, и увеличение количества кардиоциклов в обеих группах. Наши наблюдения совпадают с результатами ряда авторов об увеличении ЧСС при решении арифметических задач [11-13].

В проведенном нами исследовании было выявлено, что умственная нагрузка вызывает изменения спектральных показателей ВСР, отражающие различный вклад отделов вегетативной нервной системы и контуров регуляции в процессы адаптации к воздействию фактору. Динамика исследуемых параметров в экспериментальных группах в виде уменьшения активности высокочастотных волн и увеличения активности низкочастотных волн оказалась одинаковой, но структура общей мощности спектра в виде преобладания той или иной компоненты изменялась по-разному. В состоянии покоя достоверных

Показатели ВСР в состоянии покоя и в состоянии конфликта у испытуемых с разным уровнем физической активности

	1 группа		2 группа	
	Покой	Счёт	Покой	Счёт
ЧСС, уд/мин	70,94±6,4	79,83±6,72*	70,14±5,69	79,50±9,43*
HF, %	56,64±1,93	41,85±2,55*	59,79±8,14	48,34±2,41*
LF, %	26,49±1,43	42,97±4,71	25,59±7,38	36,37±3,03*
LF/HF	0,50±0,12	1,54±0,26*	0,49±0,19	0,94±0,46*
Мо, мс	0,89±0,09	0,80±0,02*	0,91±0,06	0,80±0,08*
АМо, %	33,11±6,43	32,61±6,54	32,57±1,88	32,79±4,21
CV	8,83±2,57	10,5±2,72*	9,14±1,59	9,71±1,78

Примечание. *Достоверность различий при $p < 0,01$ и выше по отношению к исходному состоянию (фоновым значениям).

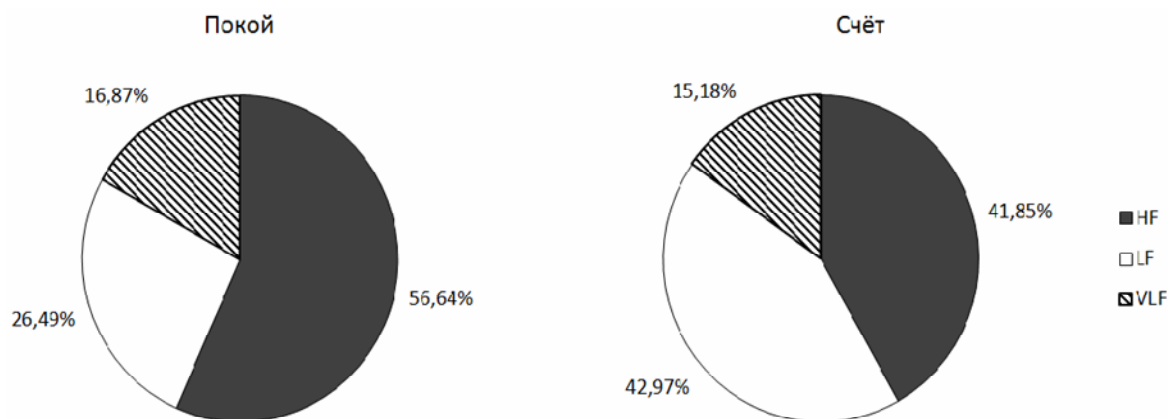


Рис.1. Спектральные показатели испытуемых со средним уровнем физической активности в покое и на фоне когнитивной нагрузки

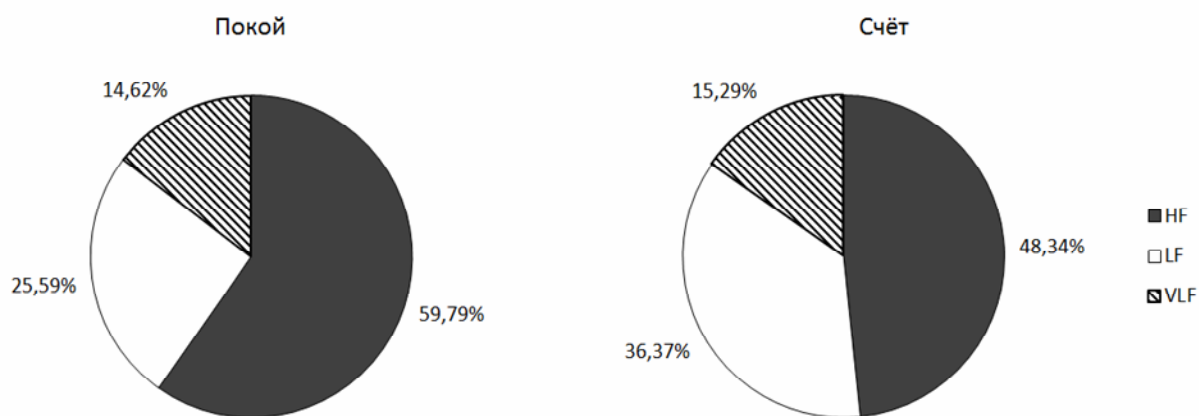


Рис.2. Спектральные показатели испытуемых с высоким уровнем физической активности в покое и на фоне когнитивной нагрузки

различий между группами выявлено не было: наблюдалось преобладание дыхательной аритмии (рис.1). В состоянии когнитивного диссонанса у испытуемых 2 группы сохранялась структура общей мощности спектра (доминирующие HF-волны, $p < 0,01$), а у испытуемых 1 группы было отмечено преобладание низкочастотных волн (рис.2, $p < 0,01$).

Существует несколько подходов к интерпретации спектральных показателей ВСП:

1. Рассматривать изменения сердечного ритма как проявление различных стадий общего адаптационного синдрома.

2. Рассматривать колебания длительностей кардиоинтервалов в связи с деятельностью механизмов нейрогуморальной регуляции как результат активности различных звеньев вегетативной нервной системы.

3. Рассматривать изменения кардиоритма как результат сочетанного участия контуров многоуровневой системы управления физиологическими функциями организма.

С нашей точки зрения, а также, по мнению ряда авторов [10], наиболее целесообразен системный подход. В эксперименте при выполнении студентами умственной нагрузки ключевым приспособительным результатом их деятельности, по-видимому, является достижение максимального количества правильных ответов. Одновременно можно предположить, что для отдельных испытуемых доминирующей мотивацией становится скорейший выход (избавление) из

создавшейся конфликтной ситуации. Таким образом, с позиций системного подхода на «весах» единого результата выполняемой деятельности появляется возможность сопоставлять ее вегетативное сопровождение. Наиболее простая двухконтурная модель описывает регуляцию сердечного ритма как деятельность двух взаимосвязанных контуров: центрального и автономного. Рабочими структурами автономного контура регуляции являются синоатриальный узел, блуждающие нервы и их ядра в продолговатом мозге. Автономная регуляция характеризуется наличием выраженной дыхательной аритмии (HF-волны). Деятельность центрального контура регуляции, который представляет собой трехуровневую систему, связана с недыхательной аритмией и характеризуется различными медленноволновыми составляющими сердечного ритма. Медленные волны 1-го порядка (LF-волны) в частности характеризуют активность вазомоторного центра (3 уровень) [8,9,14].

В связи с этим можно заключить, что достижение полезного приспособительного результата когнитивной деятельности у лиц 1-й группы происходило за счет увеличения активности сосудодвигательного центра и перехода регуляции кардиоритма на более высокий уровень. У лиц 2-й группы степень напряжения регуляторных систем была значительно ниже, и регуляция ритма сердца осуществлялась за счет деятельности автономного контура без включения высших структур.

Симпато-вагальный индекс условно характеризует процентный вклад симпатических и парасимпатических влияний в автономную регуляцию сердечного ритма. Его увеличение свидетельствует о симпатизации регуляции кардиоритма, а уменьшение — об обратном эффекте [9,14]. Статистически достоверное возрастание симпато-вагального индекса ($p < 0,01$) у студентов в состоянии когнитивного диссонанса указывает на увеличение вклада симпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляцию сердечного ритма.

Испытуемые обеих групп реагировали на умственную нагрузку статистически достоверным снижением моды ($p < 0,01$), что может быть связано с увеличением количества кардиоциклов. У испытуемых 1-й группы было также отмечено уменьшение амплитуды моды. Физиологический смысл этих показателей заключается в том, что они отражают модулирующие влияние центрального контура регуляции на автономный контур по нервным и гуморальным каналам. Мода — наиболее часто встречающееся значение R-R, указывающее на доминирующий уровень функционирования синусового узла. Увеличение ее амплитуды связывают с мобилизирующим влиянием симпатического отдела вегетативной нервной системы [10,11,15].

У испытуемых 1-й группы наблюдалось статистически достоверное увеличение коэффициента вариации ($p < 0,01$). Этот показатель представляет собой отношение стандартного отклонения к математическому ожиданию, выраженное в процентах, и отражает суммарный эффект влияний на синусовый узел [14]. Однако такую реакцию следует рассматривать как увеличение активности не дыхательного, а сосудодвигательного центра, так как общий спектр кардиоритма этих испытуемых расширился именно за счет высокого вклада низкочастотной компоненты.

Рассматривать различия в вегетативных реакциях на когнитивную нагрузку у испытуемых как результат низкого или высокого функционального резерва нецелесообразно, так как в покое между группами различий выявлено не было. Известно, что резервные мощности системы кровообращения создают запас прочности на случай неадекватных воздействий и благодаря этому исходный уровень ее функционирования снижается [7]. Так как уровень функционирования испытуемых обеих групп был примерно сопоставим, то и функциональный резерв их оказался примерно одинаков. Можно предположить, что характерное вегетативное сопровождение решения задачи связано с личностными особенностями субъекта и важности когнитивных элементов.

При анализе результативности решения арифметических задач было отмечено, что для субъектов 2-й группы характерна более высокая скорость счета ($V = 14,17$ ответов/мин) при меньшем проценте правильных ответов ($T = 87\%$) по сравнению с испытуемыми 1-й группы ($V = 12,73$ ответов/мин; $T = 94\%$). Соответственно можно предположить, что результат решения конкретной задачи для лиц 1-й группы оказался более значимым, поэтому и степень когнитивного диссонанса у них была выше.

При решении арифметических задач каждый испытуемый выстраивает для себя определенный образ конечного результата его целенаправленной деятельности (акцептор результата действия). Важность конечного результата, заинтересованность в правильности решения задачи не только вызывает сильное психоэмоциональное напряжение у субъекта, но и требует более активного использования аппарата памяти, информационных и энергетических ресурсов. Поэтому логично предположить, что в этом случае правильное решение задачи будет обеспечено высокой «физиологической ценой». Одна и та же ситуация для испытуемых с высоким уровнем физической активности оказалась оптимальной, а для испытуемых со средним уровнем физической активности — экстремальной. Оптимальная деятельность низших уровней регуляции «освобождает» высшие уровни регуляции от необходимости постоянного участия в регуляторных процессах. В случае, когда низшие уровни не справляются со своими функциями, то есть когда необходима координация деятельности нескольких подсистем, уравнивание организма со средой идет за счет направленного напряжения механизмов регуляции [7,9].

Заключение

В проведенном исследовании было показано, что студенты со средним уровнем физической активности оказались более ориентированы на результат целенаправленной когнитивной деятельности в эксперименте, чем лица с высоким уровнем физической активности. Различные стратегии поведения испытуемых в экспериментальной ситуации сопровождались характерными паттернами вегетативного обеспечения их деятельности. У испытуемых со средним уровнем физической активности происходила симпатизация ритма сердца, снижение активности дыхательного и увеличение активности сосудодвигательного центра. При этом решение когнитивной задачи у них характеризовалось высокой степенью напряжения регуляторных систем. Несмотря на сопоставимые тенденции в модуляции кардиоритма в ситуации мотивационно-эмоционального конфликта у лиц с высоким уровнем физической активности сохранялось преобладание автономного контура регуляции ритма сердца. Одновременно достижение полезного приспособительного результата в виде высокого процента правильных ответов у испытуемых со средним уровнем физической активности требует включения высших структур в регуляцию кардиоритма. Чем больше централизация управления ритмом сердца, тем выше и «физиологическая цена» адаптации.

Согласно теории функциональных систем, в экстремальной ситуации (дефицит времени принятия решения, недостаток индивидуального опыта) развивается определенная реакция, которая мобилизует субъект к новой деятельности, нацеленной на устранение исходной неопределенности и удовлетворение насущной потребности [2,4]. При этом выделяют два типа реагирования на информационную нагрузку: продуктивная (неэмоциональная) и непродуктивная (эмоциональная) по отношению к эффективности

деятельности. Поэтому одна и та же ситуация (эмоциональный конфликт, когнитивная нагрузка) для лиц с различными индивидуальными особенностями может носить как оптимальный, так и экстремальный характер [7]. Динамика вегетативной регуляции кардиоритма имеет тесную взаимосвязь (общую нейрофизиологическую основу) с эмоциональным возбуждением и когнитивными процессами личности в различных средовых условиях.

1. Фестингер Л. Теория когнитивного диссонанса. СПб.: Ювента, 1999. С.7-12.
2. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. 547 с.
3. Салтыков А.Б. Биологическая теория эмоций П.К. Анохина и вероятностное прогнозирование // Успехи современной биологии, 2005. Т.125. №6. С.531-543.
4. Судаков К.В. Избранные труды. Т.1: Развитие теории функциональных систем. М.: НИИ нормальной физиологии им. П.К.Анохина РАМН, 2007. 343 с.
5. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1981. С.8.
6. Судаков К.В. Доминирующая мотивация. М.: Изд-во РАМН, 2004. 236 с.
7. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006. 284 с.
8. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. С.265.
9. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2001. Т.24. С.69.
10. Воробьев К.П. Теоретические основы использования параметров variability сердечного ритма для оценки функционального состояния организма // Загальна патологія та патологічна фізіологія. 2011. Т.6. №4. С.5-17.
11. Данилова Н.Н., Астафьев С.В. Изменение variability сердечного ритма при информационной нагрузке // Журн. высш. нерв. деят. 1999. Т.49. №1. С.28-38.
12. Демина Д.М., Евлампиева М.Н., Кандрор Н.С. и др. Variability сердечного ритма при умственной работе разной напряженности // Физиология человека. 1986. Т.12. №6. С.971-975.
13. Ситдилов Ф.Г., Шайхелисламова М.В., Валеев И.Р. Влияние учебной нагрузки и условий производства на функциональное состояние симпатoadrenalной системы и показатели регуляции сердечного ритма у девушек 17-18 летнего возраста // Физиология человека. 2001. Т.27. №5. С.60-65.
14. Михайлов В.М. Variability ритма сердца. Иваново, 2000. С.182.
15. Данилова Н.Н. Сердечный ритм и информационная нагрузка // Вестник МГУ. Сер.14: Психология. 1995. №4. С.14-27.

References

1. Festinger L. A Theory of Cognitive Dissonance. California, Stanford University Press, 1957. (Russ. ed.: Festinger L. Te-

- oriia kognitivnogo dissonansa. Saint-Petersburg, "Juventa" Publ., 1999, pp. 7-12).
2. Anokhin P.K. Biologiya i neurofiziologiya uslovnogo refleksa [The biology and neuro-physiology of conditioned reflex]. Moscow, "Meditsina" Publ., 1968. 548 p.
3. Saltykov A.B. Biologicheskaya teoriya emotsii P.K. Anokhina i veroyatnostnoye prognozirovaniye [The Anokhin biological theory of emotions and probability forecasting]. Uspekhi sovremennoi biologii – Advances in Current Biology, 2005, vol. 125, no. 6, pp. 531-543.
4. Sudakov K.V. Izbrannye trudy [Selected works]. Vol. 1. Razvitiye teorii funktsional'nykh sistem [Development of the theory of functional systems]. Moscow, Scientific Research Institute of Normal Physiology named after P.K. Anokhin of RAMS, 2007. 343 p.
5. Simonov P.V. Emotsional'nyi mozg [Emotional brain]. Moscow, "Nauka" Publ., 1981, p. 8.
6. Sudakov K.V. Dominiruiushchaya motivatsiya [Dominating motivation]. Moscow, RAMS Publ., 2004. 236 p.
7. Agadzhanian N.A., Baevskii R.M., Berseneva A.P. Problemy adaptatsii i uchenie o zdorov'e [Problems of adaptation and doctrine of health]. Moscow, RUDN University Publ., 2006. 284 p.
8. Baevskii R.M., Berseneva A.P. Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostei organizma i risk razvitiia zabolevani [Evaluation of adaptive abilities of an organism and the pathology risk]. Moscow, "Meditsina" Publ., 1997, p. 265.
9. Baevskii R.M., Ivanov G.G., Chireikin L.V. et al. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendatsii) [The heart rate variability analysis under the usage of different electrocardiography systems (Methodical recommendations)]. Vestnik aritmologii – Journal of arrhythmology. 2002, vol. 24, p. 69.
10. Vorob'ev K.P. Teoreticheskie osnovy ispol'zovaniia parametrov variabel'nosti serdechnogo ritma dlia otsenki funktsional'nogo sostoiianiia organizma [The theoretical base of usage of parameters of heart rate variability for an estimation of organism functional state]. Zagal'na patologiia ta patologichna fiziologiia – General Pathology and Pathological Physiology, 2011, vol. 6, no. 4, pp. 5-17.
11. Danilova N.N., Astaf'ev S.V. Izmenenie variabel'nosti serdechnogo ritma pri informatsionnoi nagruzke [Changes in heart rate variability under informational loading]. Zhurnal vysshei nervnoi deiatel'nosti im. I.P. Pavlova – I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity, 1999, vol. 49, no. 1, pp. 28-38.
12. Demina D.M., Evlalepieva M.N., Kandror N.S. et al. Variabel'nost' serdechnogo ritma pri umstvennoi rabote raznoi napriazhennosti [Heart rate variability in mental work of various intensity]. Fiziologiya cheloveka – Human Physiology, 1986, vol. 12, no. 6, pp. 971-975.
13. Sitdikov F.G., Shaikhelislamova M.V., Valeev I.R. Vliianie uchebnoi nagruzki i uslovii proizvodstva na funktsional'noe sostoianie simpatoadrenalnoi sistemy i pokazateli reguliatsii serdechnogo ritma u devushek 17-18 letnego vozrasta [The effect of academic load and work conditions on the sympathoadrenal function and the indices of heart rhythm regulation in 17- to 18-year-old girls]. Fiziologiya cheloveka – Human Physiology, 2001, vol. 27, no. 5, pp. 561-567.
14. Mikhailov V.M. Variabel'nost' ritma serdtsa [Heart rate variability]. Ivanovo, 2000, p. 182.
15. Danilova N.N. Serdechnyi ritm i informatsionnaia nagruzka [Heart rhythm and informational load]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psikhologiya – Moscow University Herald. Series 14. Psychology, 1995, no. 4, pp. 14-27.