

АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ

Беляева В.А., Такоева Е.А.

Институт биомедицинских исследований - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра "Владикавказский научный центр Российской академии наук", Владикавказ, e-mail: pursh@inbox.ru

В статье представлены данные по исследованию адаптационного потенциала системы кровообращения (АП) и вариабельности сердечного ритма (ВСР) у 169 студентов-медиков 2–3-го курсов с учетом гендерных различий. АП оценивали по формуле Р.М. Баевского в соответствии с показателями артериального давления (АД), частоты сердечных сокращений (ЧСС), массы тела и роста. Вариабельность ритма сердца исследовали с помощью аппаратно-программного комплекса «Варикард 2.51». В результате исследования установлено, что частота пульса (HR) в группе студентов превышает норму ($85,4 \pm 0,94$ уд/мин). Доля лиц с удовлетворительным уровнем адаптации среди девушек составляет 72,2%, среди юношей – 37,8%. Напряжение адаптационных механизмов системы кровообращения выявлено у 35,3% студентов-медиков и более выражено у юношей (АП $2,18 \pm 0,04$ у.е.), чем у девушек (АП $1,95 \pm 0,02$ у.е.). Суммарная мощность спектра вариабельности сердечного ритма у студентов превышает норму (TP $2834,9 \pm 166,39$), регуляторные системы организма студентов работают с напряжением. При этом фиксируется увеличение активности центральных уровней регуляции (IC $2,95 \pm 0,157$; SI $216,2 \pm 40,33$), соответственно отмечается усиление тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы. Показатели АП у студентов отрицательно коррелируют со средним значением (Mean) и модой (Mo) длительности RR интервалов, положительно – с показателем активности регуляторных систем (ПАРС), как у юношей, так и у девушек. Полученные данные свидетельствуют о сопоставимости результатов, полученных с помощью разных методик.

Ключевые слова: адаптационный потенциал, сердечный ритм, временные параметры, частотные параметры, контур регуляции.

ADAPTATION POTENTIAL OF THE CIRCULATORY SYSTEM AND VARIABILITY OF THE HEART RHYTHM IN MEDICAL STUDENTS

Belyayeva V.A., Takoeva E.A.

Institute of Biomedical Investigations – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, e-mail: pursh@inbox.ru

The article presents data on the study of the adaptive potential of the circulatory system (AP) and heart rate variability (HRV) in 169 medical students of 2-3 courses taking into account gender differences. AP was evaluated according to the formula of R. Bayevsky. in accordance with blood pressure (BP), heart rate (HR), body weight and height. Heart rate variability was investigated using the hardware-software complex "Varicard 2.51". As a result of the study, it was found that the heart rate (HR) in the group of students exceeds the norm (85.4 ± 0.94 beats / min). The proportion of people with a satisfactory level of adaptation among girls is 72.2%, among boys - 37.8%. The tension of the adaptive mechanisms of the circulatory system was detected in 35.3% of medical students and was more pronounced in young men (AP 2.18 ± 0.04 cu) than in girls (AP 1.95 ± 0.02 cu). The total power of the spectrum of heart rate variability in students exceeds the norm (TP 2834.9 ± 166.39), the regulatory systems of the body of students work with tension. At the same time, an increase in the activity of central regulation levels is recorded (IC 2.95 ± 0.157 ; SI 216.2 ± 40.33), respectively, an increase in the tone of the sympathetic section of the autonomic nervous system. Students' AP indicators negatively correlate with the average value (Mean) and mode (Mo) of the duration of RR intervals, positively - with the indicator of regulatory systems activity (IARS), both in boys and girls. The data obtained indicate the comparability of the results obtained using different methods.

Keywords: adaptive potential, heart rate, time parameters, frequency parameters, regulation loop.

Основным системообразующим фактором для организма как диссипативной системы является адаптация – стремление к уравниванию со средой, тогда как для отдельных физиологических систем таким фактором является гомеостаз – стремление к внутреннему

уравновешиванию. Адаптация и гомеостаз – это две конечно-результатирующие, организующие функционирование отдельных систем и всего организма в целом. В адаптации организма к воздействию факторов внешней среды ведущая роль принадлежит сердечно-сосудистой системе [1]. От состояния этой системы зависит успешность как срочной, так и долговременной адаптации к различным средовым факторам. Существует понятие единой функциональной системы вегетативного управления, включающей в себя многоуровневый комплекс различных регуляторных структур организма с внутренними и внешними связями, принимающих участие в регуляции кровообращения [2]. В то же время при существенных флуктуациях внешних факторов или развитии патологического процесса с целью сохранения гомеостаза активизируются высшие уровни управления. Среди всего спектра методов анализа адаптационного потенциала человека, опирающихся на оценку различных параметров жизнедеятельности, наиболее информативными являются те, которые характеризуют деятельность сердечно-сосудистой системы – главного индикатора всех происходящих в организме событий. Любые стрессорные воздействия влияют на ритм сокращений сердца, регулируемый через симпатический и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы (ВНС).

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) рассматривается как результат активации различных регуляторных механизмов, обеспечивающих поддержание сердечно-сосудистого гомеостаза. В настоящее время общепризнанным является научное и прикладное значение методов анализа ВСР, и они с каждым годом получают все более широкое распространение [3]. Непрерывное совершенствование методологии изучения ВСР связано с бурным развитием цифровых технологий, появляются новые концепции оценки ВСР [4, 5]. Изменения сердечного ритма анализируются в связи с деятельностью механизмов нейрогормональной регуляции и как результат активности различных звеньев ВНС, отражая определенные этапы адаптации организма к условиям окружающей среды. Даже в условиях покоя напряжение регуляторных систем может быть высоким, если человек не имеет достаточных функциональных резервов. Это выражается, в частности, в высокой стабильности сердечного ритма, характерной для повышенного тонуса симпатического отдела ВНС. Изменения ритма сердца – это универсальная оперативная реакция целостного организма в ответ на воздействие различных факторов. В то же время адаптация студентов к учебе в вузе является серьезной медико-социальной проблемой и для многих из них служит экстремальным фактором, поскольку изменяет динамический стереотип физиологических процессов.

Цель работы – исследовать адаптационный потенциал системы кровообращения и вариабельность сердечного ритма у студентов-медиков с учетом гендерных различий.

Материал и методы исследования. В клиническом observationalном одномоментном исследовании принимали участие 169 студентов 2–3-го курсов СОГМА, подписавших информированное согласие. Обследование выполнялось в весенне-летний период 2019 г. во время обучения и подготовки к экзаменам. Контингент испытуемых включает 132 девушки (средний возраст $20,3 \pm 0,1$ года) и 37 юношей (средний возраст $20,8 \pm 0,2$ года). У студентов измеряли АД в положении сидя после 5–7-минутного отдыха, двукратно, с интервалом в 2 минуты; при различии показателей АД >5 мм рт. ст. проводили дополнительное измерение. За величину АД принимали среднее арифметическое значение. На основании систолического и диастолического АД вычисляли пульсовое артериальное давление (ПАД). Критерии исключения – наличие сердечно-сосудистых заболеваний, которые могут сопровождаться вторичной артериальной гипертензией.

С помощью аппаратно-программного комплекса «Варикард 2.51» исследовали ВСР. Запись вели в течение 5 минут (Short-term Recordings) в условиях тишины и неяркого освещения с предварительным покоем в течение 5–7 минут. Лица, предъявляющие жалобы на самочувствие (головную боль, общую усталость и т.д.), к обследованию не допускались. В соответствии со стандартами Европейского Кардиологического общества и Североамериканского общества электрофизиологии [6] анализировали две группы параметров ВСР – временные (Time Domain Methods) и частотные (Frequency Domain Methods).

Адаптационный потенциал (АП) системы кровообращения у студентов-медиков оценивали по формуле Р.М. Баевского. Состояние АП (у.е.) оценивали как: до 2,1 – удовлетворительный уровень адаптации, 2,11–3,2 – напряжение адаптации, 3,21–4,3 – неудовлетворительная адаптация, выше 4,3 – срыв процесса адаптации. Ценность этого метода заключается в том, что с его помощью можно быстро и без больших затрат провести скрининг-диагностику, определить круг лиц с напряжением механизмов адаптации, преморбидными состояниями. Донозологический скрининг позволяет своевременно выявлять дисрегуляторные нарушения в работе сердечно-сосудистой системы с целью последующего их обследования стандартными методами и проведения при необходимости оздоровительных мероприятий.

Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета «Statistica 6.1». Характеристики параметров АД и ВСР в случае нормального распределения представлены в виде средних выборочных значений и ошибки среднего, а также в виде медианы и интерквартильного размаха при распределении признака, отличном от нормального. Статистический анализ включал описательные статистики, корреляционный и дисперсионный (ранговый и факторный) анализы. Сравнение выборок проводили с

использованием критерия Стьюдента в случае нормального распределения и Манна–Уитни при альтернативном варианте.

Результаты исследования и их обсуждение. Согласно результатам дисперсионного анализа установлено, что показатели АД существенно различаются в зависимости от пола ($F=14,003$; $p=0,000002$). Последующие апостериорные сравнения систолического и диастолического АД выявили, что САД ($p=0,00000$), ДАД ($p=0,000390$) и ПАД ($p=0,017157$) у юношей превышают таковые у девушек (рис. 1).

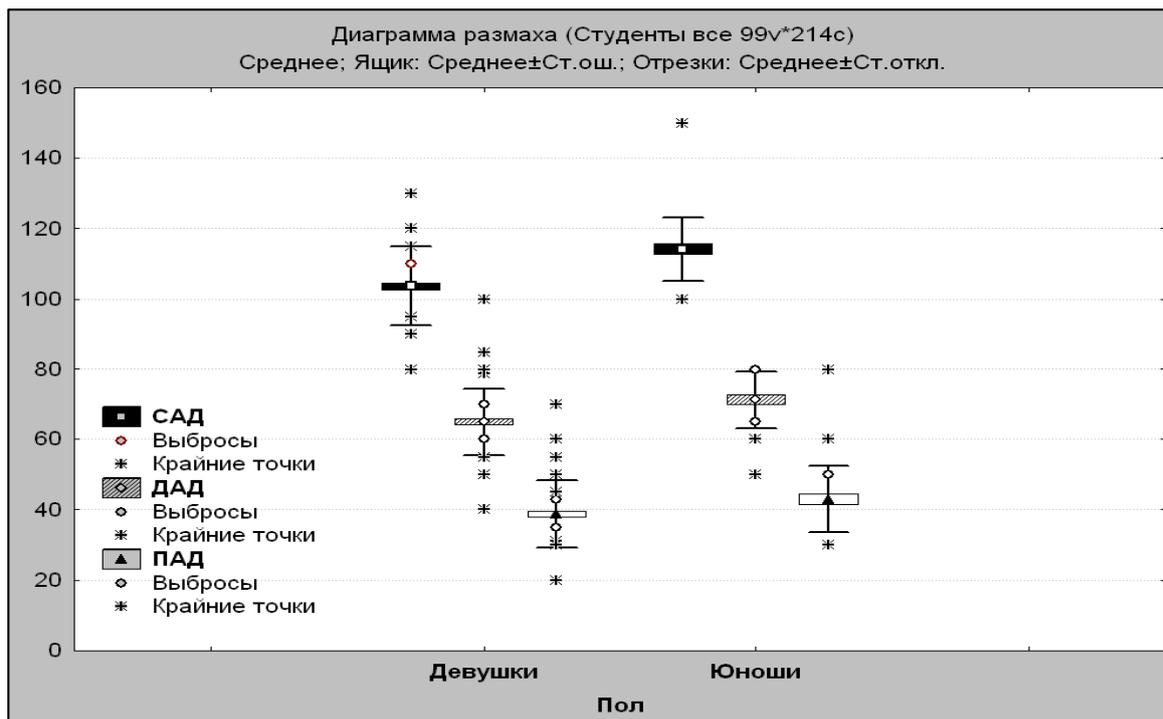


Рис. 1. Различия показателей АД у студентов-медиков в зависимости от пола

Установлено, что у 35,3% студентов-медиков выявлено напряжение адаптационных механизмов ($АП=2,11-2,63$ у.е.). Дальнейший гендерный анализ показал, что среднегрупповое значение АП у юношей выше, чем у девушек ($2,18\pm 0,04$ против $1,95\pm 0,02$; $p=0,000009$). Среди девушек доля лиц с удовлетворительным уровнем адаптации составляет 72,2%, тогда как среди юношей их всего 37,8%. Несмотря на то что среди студентов не выявлено лиц с неудовлетворительным состоянием адаптации или срывом адаптации, у 62,2% юношей и 27,8% девушек присутствует напряжение адаптационных механизмов системы кровообращения (рис. 2).

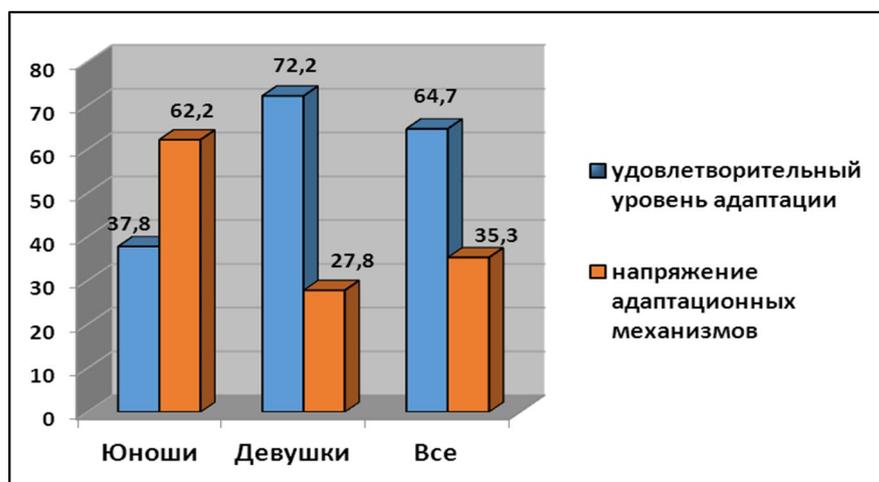


Рис. 2. Распределение выборки студентов-медиков по полу и уровням адаптации системы кровообращения (%)

При анализе статистических характеристик динамических рядов кардиоинтервалов установлено, что частота пульса (HR) в группе студентов превышает норму ($85,4 \pm 0,94$ уд/мин). У девушек HR несколько выше, чем у юношей ($85,9 \pm 0,38$ против $83,7 \pm 1,89$), однако различия статистически незначимы. Мощность спектра низкочастотного компонента variability (PLF, % от суммарной мощности колебаний) существенно превышает норму – $48,6 \pm 1,02$. Подобный результат в совокупности с повышенной частотой пульса характеризует рост активности симпатического отдела ВНС, в частности системы регуляции вазомоторного центра.

Установлено, что регуляторные системы организма студентов работают с напряжением, поскольку суммарная мощность спектра variability сердечного ритма (TP), характеризующая суммарный уровень активности регуляторных систем, по всей выборке превышает норму – $2834,9 \pm 166,39$ мс^2 , причем у юношей она имеет более высокие значения, чем у девушек ($3099,8 \pm 413,71$ против $2760,6 \pm 179,12$ мс^2), но различия недостоверны. Известно, что активность регуляторных систем зависит от функционального состояния организма [7, 8]. В данном случае можно констатировать, что активность регуляторных систем переходит с уровня «контроля» на уровень «регуляции», а при дальнейшем росте TP может быть осуществлен переход на уровень «управления». В условиях нормального режима работы биосистемы, без дополнительных нагрузок, регуляторный механизм выполняет функцию контроля, считывая информацию о состоянии регулируемой системы, но в случае дополнительной нагрузки или стресса возникает

необходимость увеличения расхода энергии организмом, и механизм регуляции включается в процесс управления с переходом на следующие уровни.

Индекс централизации (IC), вычисленный на основании мощности спектров высоко- и низкочастотного компонентов ВСР, у студентов превышает верхнюю границу нормы в 2 раза – $2,95 \pm 0,157$ усл. ед. Он отражает степень преобладания недыхательных составляющих синусовой аритмии над дыхательными и количественно оценивает соотношение между центральным и автономным контурами регуляции сердечного ритма. Автономный контур связан с дыхательным компонентом синусовой аритмии и парасимпатической регуляцией, однако, чем активнее включается в процесс управления центральный контур, тем в большей мере снижается амплитуда дыхательных волн, вегетативный гомеостаз смещается в сторону преобладания симпатической регуляции [9, 10]. У студентов было отмечено увеличение активности центральных уровней регуляции, соответственно усиление тонуса симпатического отдела ВНС. Кроме того, свидетельством существенной активизации центральных механизмов регуляции относительно автономных является значительное увеличение у студентов стресс-индекса (SI) – $216,2 \pm 40,33$ усл. ед.

Гендерный анализ показателей ВСР у студентов-медиков не выявил достоверных различий, за исключением периода спектра высокочастотного компонента variability (TmeanHF) ($U=3138$; $p=0,01748$), отличающегося более высоким значением в группе юношей – 4,32 (4,01; 4,65) (рис. 3).

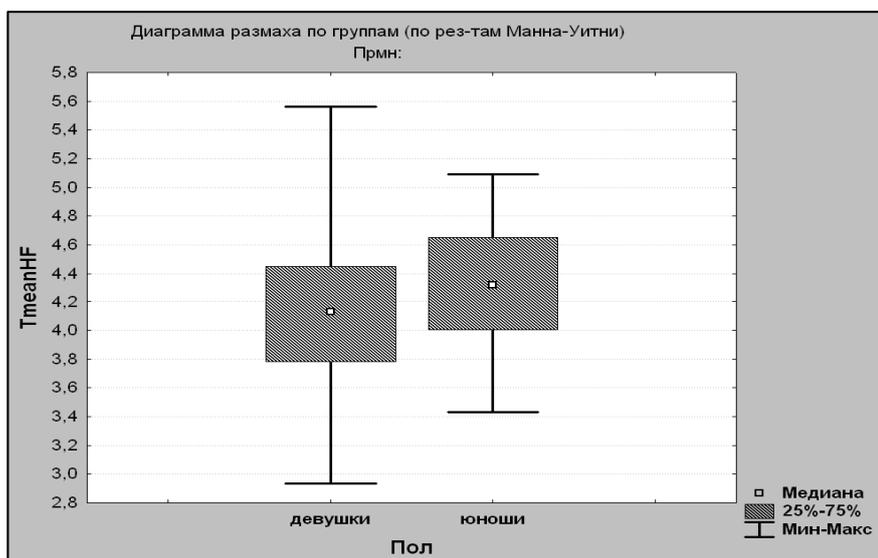


Рис. 3. Гендерные различия по средней величине периода высокочастотного спектра компонента ВСР (TmeanHF)

В результате корреляционного анализа установлено, что у юношей присутствует значительное количество связей ($r=0,34-0,57$) между параметрами ВСР и САД, ПАД, у

девушек статистически значимые корреляции не выявлены. Это может быть обусловлено большей вариабельностью АД и более поздней стабилизацией регуляторных механизмов ВНС у юношей по сравнению со сверстницами. В частности, коэффициент вариации полного массива кардиоинтервалов (CV), дисперсия (D) и мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности (PLF, %) у юношей коррелируют с АД, тогда как у девушек такие корреляции не выявлены.

Установлено, что как у юношей, так и у девушек присутствует отрицательная связь АП со средним значением (Mean) и модой (Mo) длительности RR интервалов, более выраженная у юношей (рис. 4). С показателем активности регуляторных систем (ПАРС) АП как юношей, так и девушек коррелирует положительно, что свидетельствует о сопоставимости полученных данных. По мере нарастания напряжения адапционных процессов у студентов в процессе обучения увеличиваются активность и степень напряжения регуляторных систем организма, что может привести к десинхронизации и разбалансировке биоритмов организма.

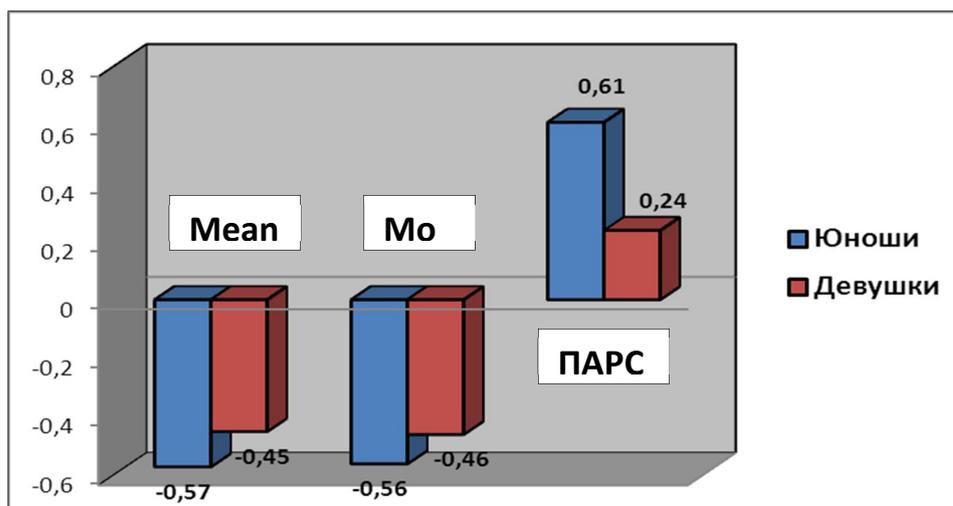


Рис. 4. Коэффициенты корреляции между АП системы кровообращения и показателями ВСП (Mean, Mo, ПАРС) у студентов-медиков

Выводы. Напряжение адапционных механизмов системы кровообращения, в большей степени присущее юношам, чем девушкам, выявлено у 35,3% студентов-медиков. Количество юношей с напряжением механизмов адаптации на 24,4% выше, чем с удовлетворительным уровнем адаптации. Среди девушек, наоборот, преобладают лица с удовлетворительным уровнем адаптации, которых на 44,4% больше, чем с напряжением механизмов адаптации.

Вследствие повышенной активности симпатического отдела ВНС частота пульса у студентов превышает норму. Выявленное увеличение суммарной мощности спектра variability сердечного ритма сигнализирует о повышении уровня активности регуляторных систем. Регуляторные системы организма студентов работают напряженно с преобладанием центрального контура регуляции, при этом отмечаются высокие значения индекса централизации и стресс-индекса.

Период спектра высокочастотного компонента variability сердечного ритма у юношей выше, чем у девушек. По остальному массиву параметров ВСР статистически значимые гендерные различия у студентов-медиков не выявлены. Вероятно, существуют универсальные процессы регуляции кардиоритма, не зависящие от половой принадлежности, по крайней мере в рамках исследованной выборки, в связи с чем требуется проведение дополнительных исследований.

Итоговые данные, характеризующие состояние степени адаптации сердечно-сосудистой системы и регуляции сердечного ритма студентов-медиков в процессе учебы, полученные с помощью разных методик, вполне сопоставимы.

Список литературы

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 298 с.
2. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. Принципы системной организации функций. М.: Наука, 1973. С. 81-88.
3. Бокерия Л. А., Бокерия О. Л., Волковская И. В. Variability сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование // Анналы аритмологии. 2009. V. 6(4). С. 21-32.
4. Кулаичев А.П. Оценка отклонений в variability сердечного ритма // Функциональная диагностика. 2010. № 4. С. 25-29.
5. Nicolini P., Ciulla M.M., De Asmundis C., et al. The Prognostic Value of Heart Rate Variability in the Elderly, Changing the Perspective: From Sympathovagal Balance to Chaos Theory. Pacing and Clinical Electrophysiology. 2012. V. 35 (5). P. 621–637.
6. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Circulation. 1996. V. 93(5). P. 1043-1065.
7. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 259 с.

8. Севрюкова Г.А., Коновалова Г.М. Функциональное состояние и регуляторно-адаптивные возможности организма человека. Волгоград: ВолгГТУ, 2015. 104 с.
9. Mortola J.P., Marghescu D., Siegrist-Johnstone R., Matthes E. Respiratory sinus arrhythmia during a mental attention task: the role of breathing-specific heart rate. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2019. V. 272. 103331. DOI: 10.1016/j.resp.2019.103331.
10. Fanning J., Silber J.L., Liu H., Heilman K.J., Porges S.W., Rejeski W.J. Relationships between respiratory sinus arrhythmia and stress in college students. *J. Behav. Med.* 2019. P. 1-10. DOI: 10.1007/s10865-019-00103-7.