



Научная статья

ПРЕДЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ СТРЕСС КАК ФАКТОР РИСКА НАРУШЕНИЙ ФУНКЦИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СТАТУСОМ

В.А. Беляева

Институт биомедицинских исследований – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, 362027, г. Владикавказ, ул. Маркуса, 22

Напряжение адаптационных механизмов у студентов-медиков в процессе подготовки к экзаменам может создавать существенные предпосылки для возникновения дизрегуляторных нарушений в функциональных системах организма. Представлены данные исследования вариабельности сердечного ритма (ВСР) у студентов-медиков II–III курсов Северо-Осетинской государственной медицинской академии (СОГМА) с разным метаболическим статусом в предэкзаменационном периоде.

Проанализировано состояние вегетативной нервной системы и регуляторных систем организма студентов с разным метаболическим статусом (ИМТ: < 25 усл. ед.; 25–29,99 усл. ед.; 30–34,99 усл. ед.) в условиях повышенного стресса при подготовке к экзаменам. Регистрацию кардиоинтервалов вели в течение 5 мин в спокойном состоянии. Анализировали параметры ВСР временной и частотной областей.

Выявлено, что в предэкзаменационном периоде у студентов-медиков повышена активность симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), в частности системы регуляции вазомоторного центра (PLF = 48,4 %). Организм студентов находится в состоянии выраженного напряжения регуляторных систем (SI = 177,5 усл. ед.). Суммарный уровень активности регуляторных систем значительно повышен (TP = 2293 мс²), за счет центральных уровней регуляции. На фоне увеличения индекса массы тела у студентов-медиков наблюдается снижение активности парасимпатического звена вегетативной регуляции, возрастает степень централизации управления ритмом сердца (IC = 3,2–4,5 усл. ед.). У студентов с I степенью ожирения фиксируется максимальное значение мощности спектра сверхнизкочастотного компонента вариабельности ритма (PVLf = 29,3 %). Анализ параметров ВСР у студентов позволяет в режиме скрининга оценить адекватность адаптационных процессов в период подготовки к экзаменам и своевременно провести профилактические мероприятия.

Ключевые слова: стресс, адаптация, фактор риска, вегетативная нервная система, вариабельность сердечного ритма, метаболический статус, автономный контур регуляции, центральный контур регуляции.

Обучение в вузе сопряжено с постоянным психоэмоциональным напряжением, гипокинезией, нарушением режима труда, питания и отдыха, что позволяет отнести студентов в особую социальную группу повышенного риска. Необходимость усвоения нового материала и выполнения учебных программ в сжатые сроки, стремления достичь высокого рейтинга, экзаменационные стрессы являются для большинства студентов весомыми факторами риска в развитии дизрегуляторных нарушений деятельности функциональных систем организма [1]. Постоянное напряжение гомеостатических систем, особенно в период подготовки к экзаменам, создает серьезные предпосылки для развития заболеваний и

манифестации скрытых патологических процессов у студентов. В ответ на внешние стрессорные воздействия в организме мобилизуется комплекс специфических и неспецифических реакций, в регуляции которых решающую роль принадлежит вегетативной нервной системе (ВНС). От ее состояния зависит мощность адаптационных резервов организма, эффективность и выбор стратегии адаптации, работоспособность и успешность обучения [1]. Возникающая у студентов в предэкзаменационном периоде тревожность естественным образом способствует мобилизации адаптационных процессов, однако в случае ее чрезмерной интенсивности и продолжительности механизмы адаптации нарушаются, что

© Беляева В.А., 2020

Беляева Виктория Александровна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: pursh@inbox.ru; тел.: 8 (906) 494-44-93; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8126-5275>).

ведет к росту напряжения регуляторных систем, снижению функциональных резервов, в итоге чего возникает дизрегуляция [2]. Многие авторы отмечают широкое возникновение и развитие депрессивных состояний в среде студентов-медиков [3–7]. Это становится проблемой для медицинских образовательных учреждений во многих странах мира [8, 9].

Концепция о сердечно-сосудистой системе как индикаторе адапционных реакций организма сформировалась более полувека назад. Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) является методом оценки состояния общей активности регуляторных механизмов, обеспечивающих поддержание сердечно-сосудистого гомеостаза, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС. По параметрам ВСР можно судить об адапционных возможностях организма, а также использовать их для диагностики и прогноза различных состояний организма: нормального, донозологического, патологического. Перенапряжение механизмов адаптации и дисфункция вегетативной нервной системы как следствие этого составляют базу предболезни многих соматических патологий [10]. Сердце – это чувствительный индикатор всех происходящих в организме событий. Ритм его сокращений, регулируемый через симпатический и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы, очень чутко реагирует на любые стресс-факторы. Адаптация студентов к обучению в вузе представляется серьезной медико-социальной проблемой. Нерациональное питание, гиподинамия, высокие стрессовые нагрузки являются основными предикторами образа жизни студентов-медиков, что приводит к метаболическим нарушениям и сбоям в функционировании регуляторных систем организма, создает существенные факторы риска развития сердечно-сосудистых патологий. Для многих студентов учебный процесс является экстремальным фактором, изменяющим динамический стереотип физиологических процессов в регуляторных системах, что может предшествовать гемодинамическим, метаболическим, энергетическим нарушениям здоровья и требует выявления на донозологической стадии.

Цель исследования – оценить состояние вегетативной нервной системы и регуляторных систем организма студентов с разным метаболическим статусом в предэкзаменационном периоде.

Материалы и методы. Проведено одномоментное поперечное исследование вариабельности сердечного ритма у 217 студентов-медиков Северо-Осетинской государственной медицинской академии (СОГМА) с разным метаболическим статусом в весенне-летний период 2019 г. Контингент испытуемых включал 166 девушек (средний возраст

20,3 ± 0,1 г.) и 51 юношу (средний возраст 20,8 ± 0,2 г.). Запись ВСР велась в течение 5 минут (Short-term Recordings) с помощью аппаратно-программного комплекса «Варикард 2.51». Последовательность RR-интервалов подвергалась автоматическому анализу на предмет наличия артефактов и аритмий с последующим их исключением из анализа. В соответствии со стандартами Европейского кардиологического общества и Североамериканского общества электрофизиологии мы исследовали две группы параметров ВСР: временные (Time Domain Methods) и частотные (Frequency Domain Methods)¹. Из основных временных показателей ВСР анализировали: частоту пульса (HR, уд/мин); квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD, мс); стандартное отклонение массива интервалов RR (SDNN, мс); % пар кардиоинтервалов, различающихся более чем на 50 мс от общего числа в полном массиве (pNN50, %); коэффициент вариации (CV, %). Все разностные показатели в той или иной мере отражают активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и относятся к автономному контуру управления. Анализировали также стресс-индекс (SI), отражающий степень напряжения регуляторных систем и преобладания активности центральных механизмов регуляции над автономными. Из частотных показателей анализировали: суммарную мощность спектра ВСР (TP, мс²); мощность спектра высокочастотного (0,15–0,4 Гц) компонента спектра (HF, мс²); мощность спектра низкочастотного (0,04 – 0,15 Гц) компонента спектра (LF, мс²); мощность спектра сверхнизкочастотного (≤ 0,04 Гц) компонента спектра (VLF, мс²); отношение значений (LF/HF, VL/HF), характеризующих соотношение уровней активности центрального и автономного контуров регуляции; периоды высокочастотной (THF, с) и низкочастотной (TLF, с) составляющих спектра; индекс централизации (IC), оценивающий степень централизации управления ритмом сердца; мощность спектров высокочастотного (PHF, %), низкочастотного (PLF, %), сверхнизкочастотного (PVLF, %) компонентов вариабельности в % от суммарной мощности спектра ВСР, характеризующие уровни активности различных звеньев регуляции. Для интегральной количественной оценки функционального состояния организма анализировали показатель активности регуляторных систем (ПАРС), вычисляемый по специальному алгоритму Р.М. Баевского и характеризующий функциональные резервы с точки зрения адаптивности к условиям среды [11]. Параметры ВСР, полученные в результате исследования, сравнивали с показателями, формируемыми программой Out_Wind в виде таблицы, нормативные диапазоны оценок типичности которых формируются автоматически

¹ Guidelines: 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 // European Heart Journal. – 1996. – Vol. 17. – P. 354–381.

в зависимости от возраста пациента. Поскольку проводилось одномоментное поперечное исследование, и возраст студентов был практически одинаковым, нормативные диапазоны оценок типичности параметров были применимы для всей выборки.

У студентов определяли индекс массы тела (ИМТ) с учетом возраста, роста и массы тела. Средняя масса тела в группе девушек составила $58,8 \pm 0,93$ кг (ИМТ = $21,5 \pm 0,30$), в группе юношей – $77,47 \pm 2,96$ кг (ИМТ = $24,4 \pm 0,85$). Для анализа динамики параметров ВСР у студентов-медиков с разной массой тела данные ранжировали в соответствии с градациями ИМТ: менее 25 – нормальная масса тела (183 студента); 25–29,99 – избыточная масса тела (28); 30–34,99 – I степень ожирения (6).

Статистическая обработка материала проводилась с помощью пакета Statistica 6.1. Анализ динамических рядов кардиоинтервалов на соответствие типу распределения показал, что нормальным можно считать распределение параметров HR, SI, PLF. Соответственно для характеристики данных параметров мы использовали средние выборочные значения и их ошибки, для остальных показателей – медиану, верхний и нижний квартили. Статистический анализ включал описательные статистики, сравнение двух независимых выборок по Манну – Уитни, сравнение нескольких выборок с помощью дисперсионного рангового и факторного анализов.

Результаты и их обсуждение. Анализ характеристик основных параметров динамических рядов кардиоинтервалов у студентов-медиков выявил преобладание симпатических влияний ВНС в предэкзаменационный период. При исследовании параметров *временной области* установлено, что

частота пульса (HR) у студентов-медиков при норме 55–80 уд./мин существенно ее превышает ($85,9 \pm 12,0$ уд./мин) (табл. 1).

В процессе подготовки к экзаменам у студентов присутствует напряжение регуляторных систем организма с преобладанием центральных механизмов регуляции, о чем свидетельствует групповая величина стресс-индекса (SI) $177,5 \pm 158,9$ усл. ед, превышающая верхнюю границу нормативной оценки типичности (150 усл. ед.).

В *частотной области* анализ основных показателей ВСР студентов показал, что по всей выборке суммарная мощность спектра вариабельности сердечного ритма (TP), характеризующего суммарный уровень активности регуляторных систем, существенно превышает норму – 2293,7 (1424,0; 3413,3) $мс^2$ против 1500 $мс^2$. Активность регуляторных систем зависит от функционального состояния организма. Очевидно, что регуляторные системы организма студентов работают с напряжением и перешли с уровня «контроля», типичного для обычных условий жизнедеятельности, на уровни «регуляции» и «централизации», включающиеся в связи с необходимостью увеличения расхода энергии при стрессе и нагрузке в предэкзаменационный период.

Установлено, что основной вклад в увеличение суммарной мощности спектра вносит мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности (PLF), отражающего активность симпатического звена – $48,4 \pm 13,2$ %. Подобный результат характеризует рост активности симпатического отдела ВНС, в частности системы регуляции вазомоторного центра.

В результате комплексной оценки ВСР установлено, что у студентов-медиков присутствует

Таблица 1

Описательные статистики основных параметров ВСР у студентов-медиков

Параметр ВСР	Среднее	–95 % ДИ	+95 % ДИ	Медиана	Квартиль		Дисперсия	Ст. откл. (СКО)	Станд. опш. среднего (m)
					нижний	верхний			
HR, уд/мин	85,9	84,3	87,5	86,3	78,0	93,9	143,2	12,0	0,8
Mean, мс	713,4	698,6	728,3	695,1	638,8	768,9	12195,7	110,4	7,5
RMSSD, мс	41,0	37,4	44,7	34,0	24,3	49,7	729,8	27,0	1,8
pNN50, %	14,9	12,9	17,0	9,6	4,2	21,7	235,2	15,3	1,0
SDNN, мс	56,1	53,1	59,1	52,6	41,1	65,8	490,5	22,1	1,5
CV, %	7,8	7,4	8,1	7,5	6,1	8,9	6,0	2,5	0,2
SI	177,5	156,1	198,9	131,9	75,0	223,4	25268,3	158,9	10,9
TP, $мс^2$	2882,9	2534,4	3231,4	2293,7	1424,0	3413,3	6690135,6	2586,5	176,8
HF, $мс^2$	1012,5	789,6	1235,5	522,2	282,0	1068,1	2738052,5	1654,7	113,1
LF, $мс^2$	1107,6	1008,5	1206,7	960,2	582,8	1437,0	540696,4	735,3	50,3
VLF, $мс^2$	446,2	390,1	502,3	332,8	180,8	541,0	173294,7	416,3	28,5
ULF, $мс^2$	316,5	264,6	368,5	210,8	108,3	413,5	148677,7	385,6	26,4
PHF, %	32,6	30,4	34,7	28,2	20,6	41,4	247,6	15,7	1,1
PLF, %	48,4	46,6	50,2	49,2	40,0	58,7	175,1	13,2	0,9
PVLF, %	19,1	17,9	20,2	17,7	13,0	24,3	74,3	8,6	0,6
LF/HF	2,1	1,9	2,3	1,8	1,0	2,7	2,2	1,5	0,1
VLF/HF	0,8	0,7	0,9	0,6	0,3	1,1	0,5	0,7	0,0
IC	2,9	2,6	3,2	2,5	1,4	3,9	4,1	2,0	0,1
ПАРС	4,8	4,6	5,1	5,0	4,0	6,0	3,0	1,7	0,1

Результаты рангового дисперсионного анализа параметров ВСР

Параметр ВСР	Критерий Краскела – Уоллиса	p	Медианный тест (общая медиана)	χ^2	p
HR, уд/мин	59,98	0,0000	86,31	50,46	0,0000
Mean, мс	59,98	0,0000	695,1	50,5	0,0000
RMSSD	55,76	0,0000	30,02	48,11	0,0000
pNN50 %	68,6	0,0000	9,63	60,95	0,0000
SDNN	31,87	0,0000	52,62	23,51	0,0000
CV, %	18,24	0,0004	7,50	14,12	0,0027
SI	44,79	0,0000	131,98	37,12	0,0000
TP, мс ²	28,61	0,0000	2293,6	28,24	0,0000
HF, мс ²	54,68	0,0000	522,19	43,57	0,0000
LF, мс ²	12,62	0,0055	960,16	10,11	0,0179
VLF, мс ²	23,12	0,0000	332,75	17,60	0,0005
ULF, мс ²	11,84	0,0079	210,79	11,89	0,0078
IC	46,65	0,0000	2,54	31,46	0,0000

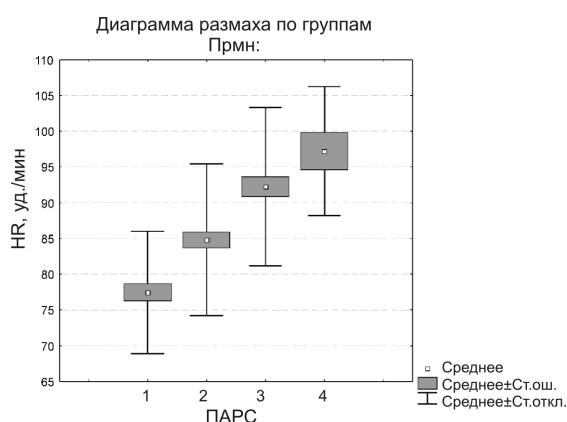


Рис. 1. Взаимосвязь частоты пульса (HR) и ПАРС: 1 – физиологическая норма; 2 – донозологические состояния; 3 – преморбидные состояния; 4 – срыв адаптации

выраженная активация регуляторных систем организма, поскольку групповая медиана показателя активности регуляторных систем (ПАРС) – 5 (4; 6) баллов при норме 1–3 балла, что соответствует состоянию выраженного напряжения регуляторных систем, в том числе повышению активности симпатико-адреналовой системы и системы «гипофиз – надпочечники». Это может быть следствием стресса, возникающего в условиях повышенной ментальной, эмоциональной нагрузки и хронического недосыпания при подготовке к зачетам и экзаменам [12]. Как показано в исследовании S.Y. Dong, M. Lee et al. [13], тестирование испытуемых с помощью ментальной арифметики увеличивает низкочастотные компоненты R–R и САД, то есть маркеры симпатической активности, и уменьшает высокочастотную составляющую изменчивости R–R-интервала – маркера парасимпатической активности.

Для того чтобы выявить, какие показатели ВСР максимально соотносятся со степенью напряжения регуляторных систем организма, весь массив данных анализировали с помощью рангового дисперсионного анализа, в результате установили, какие параметры ВСР наиболее информативны и имеют существенные различия в зависимости от величины ПАРС (табл. 2).

В качестве примера приведен рисунок, иллюстрирующий динамику частоты пульса (HR) в зависимости от величины ПАРС (рис. 1).

Анализ динамики параметров ВСР у студентов-медиков с разной массой тела показал, что в зависимости от градаций ИМТ имеются различия в параметрах ВСР (рис. 2).

По результатам рангового дисперсионного анализа параметров ВСР и ранжированных данных ИМТ студентов установлено, что по мере возрастания массы тела у испытуемых наблюдается снижение активности парасимпатического звена вегетативной регуляции, о чем свидетельствует снижение RMSSD с 34,7 мс (25,8; 50,3) в группе с нормальным ИМТ до 20,7 (17,5; 27,8) в группе с ожирением I степени, мощности высокочастотной составляющей (PHF) с 28,2 (26,5; 41,4) до 18,2 (12,7; 27,4) и увеличение периода высокочастотной составляющей (THF) с 4,9 (3,4; 5,7) до 6,2 (5,8; 6,6). Еще одним важным параметром, отражающим степень преобладания недыхательных составляющих синусовой аритмии над дыхательными, является индекс централизации (IC). Вычисленный на основании мощности спектров высоко- и низкочастотного компонентов ВСР, он позволяет количественно оценить 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. В данном исследовании у студентов наблюдается увеличение степени централизации управления ритмом сердца по мере увеличения ИМТ, индекс централизации (IC)

онного анализа, в результате установили, какие параметры ВСР наиболее информативны и имеют существенные различия в зависимости от величины ПАРС (табл. 2).

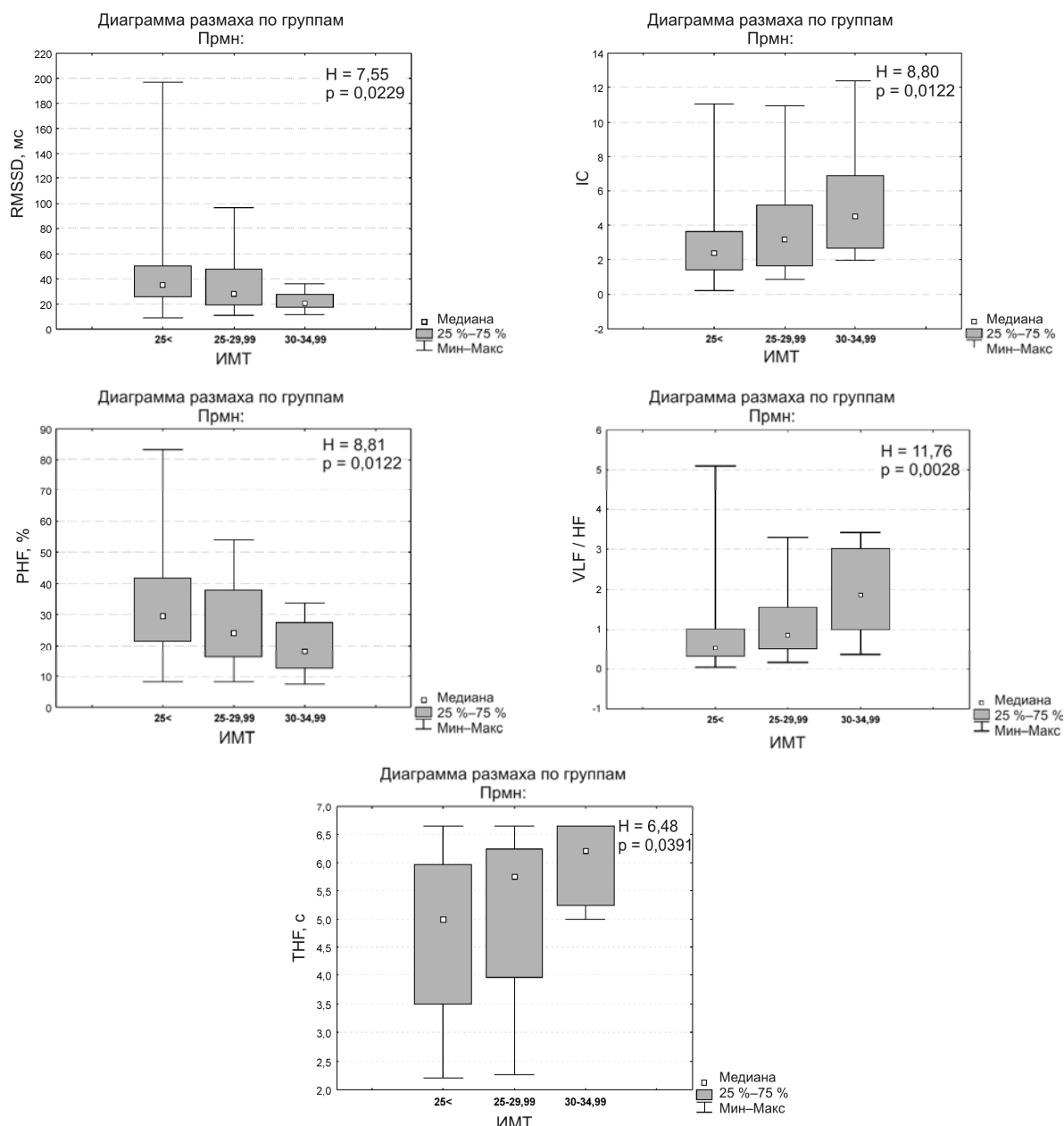


Рис. 2. Динамика параметров variability сердечного ритма (RMSSD, PHF, THF, IC) и VLF/HF в зависимости от величины ИМТ

возрастает с 2,5 (1,4; 3,8) в группе с нормальным ИМТ до 4,5 (2,9; 6,8) в группе с ожирением I степени. Последующий PostHoc-анализ показал, что параметры RMSSD, PHF, THF, IC имеют достоверные различия в группах с нормальным ИМТ и I степенью ожирения ($p \leq 0,05$). Выявлено, что по мере повышения градации ИМТ увеличивается соотношение сверхнизкочастотного и высокочастотного компонентов ВСП (VLF/HF) (см. рис. 2) и составляет при нормальной массе тела 0,54 (0,32; 1,01); при избыточной – 0,87 (0,53; 1,56); при ожирении I степени – 1,87 (1,00; 3,02).

Подобная динамика VLF/HF свидетельствует о возрастании активности центрального контура регуляции сердечного ритма по сравнению с авто-

номным. Поскольку автономный контур представляет собой фактически контур парасимпатической регуляции, то увеличение централизации управления означает смещение вегетативного гомеостаза в сторону преобладания симпатической регуляции.

Выявлено, что у студентов с ИМТ, соответствующим I степени ожирения, фиксируется максимальное значение мощности спектра сверхнизкочастотного компонента variability ритма (PVLf, %) – 29,3 % (25,6; 36,5) против 22,7 % (15,8; 27,04) относительно студентов с избыточной массой тела и 17,2 % (12,9; 23,5) относительно студентов с нормальной массой тела (рис. 3). Помимо того, что PVLf характеризует относительный уровень активности симпатического звена регуляции,

процессы терморегуляции, он может использоваться в качестве маркера степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипофизарно-гипоталамическим и корковым уровнем. Более того, он является хорошим индикатором управления метаболическими процессами [14–16].

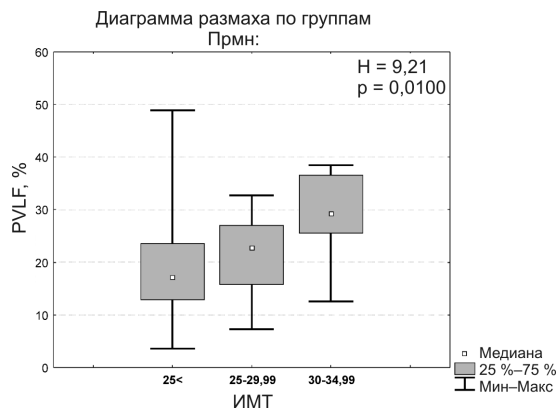


Рис. 3. Динамика мощности спектра сверхнизкочастотного компонента variability ритма (PVLf, %) в зависимости от ИМТ

Ожирение, как известно, является одним из значимых факторов риска возникновения и прогрессирования заболеваний. Ассоциация высоких значений ИМТ с общей смертностью подтверждается результатами метаанализов, описывающих J-образную функциональную связь этого фактора со смертностью и стратифицирующих ее низкий риск при ИМТ от 20,0 до 25 кг/м² [17, 18]. При этом сердечно-сосудистая патология занимает первое место в структуре нозологических единиц, ассоциированных с ожирением и избыточной массой тела, так как более двух третей смертей в мире, связанных с высоким ИМТ, являются случаями сердечно-сосудистой смерти [19]. Зависимость параметров ВСР, характеризующих активность вегетативной регуляции, от степени метаболических нарушений отмечена в исследовании В.А. Невзоровой, Е.А. Абрамова, притом, что структура нарушений углеводного обмена в исследуемых группах не различалась [20]. Вегетативную дисфункцию, выявленную у пациентов с метаболическим синдромом, связывают со степенью ожирения и прогнозируют развитие диабетической вегетативной нейропатии при дальнейшем прогрессировании метаболических нарушений. Необходимо отметить, что концепция метаболического синдрома (МС) как кластера факторов риска диабета 2-го типа и сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) претерпела некоторые эволюционные преобразования за последние годы. В частности, в работе S.I. Kseneva, E.V. Borodulina et al. [21] показано, что из-за МС частота сердечной вегетативной нейропатии достигает 37,5%. Отмечают, что вегетативная дисфункция нервной системы (наравне с инсулинорезистентностью) является одним из основных звеньев в развитии МС. Интеграция вегетативной дисфункции в патогенез МС создает возмож-

ность включения ряда нозологий в кластер МС [22]. Несмотря на обилие существующих шкал для оценки риска развития ССЗ (Фрамингемская шкала, PROCAM, SCORE, UKPDS, ULSAM и другие), ни одна из них не позволяет с надлежащей точностью прогнозировать риск развития ССЗ у молодых людей (18–35 лет) без клинических признаков атеросклероза, хотя попытки адаптировать некоторые из прогностических моделей к оценке риска развития ССЗ у лиц молодого возраста предпринимались неоднократно [23]. В связи с низкой вероятностью возникновения сердечно-сосудистых событий на ближайшем временном отрезке и меньшей выраженностью факторов риска у молодых лиц сложнее оценить абсолютный риск развития ССЗ. Юноши в целом больше подвержены риску развития ССЗ, чем девушки, поскольку стрессы вызывают у них изменение липидного состава крови в сторону атерогенности и увеличение АД [24, 25]. Помимо этого, ожирение у юношей является предиктором, обуславливающим возникновение атеросклероза коронарных артерий в 15% случаев [26].

Существующая проблема адекватной стратификации риска ССЗ у лиц молодого возраста диктует необходимость разработки прогностической модели с включением новых критериев, способной с существенной долей вероятности выявлять молодых лиц с высоким риском ССЗ для дальнейшего обследования и своевременного начала профилактических вмешательств, позволяя тем самым приблизиться к решению проблемы заболеваемости и смертности от ССЗ в старшем возрасте. В связи с этим на расширенном контингенте испытуемых требуются дальнейшие исследования параметров ВСР в качестве биомаркеров прогнозирования риска возникновения ССЗ.

Выводы. Комплексная оценка ВСР у студентов-медиков в предэкзаменационном периоде показала, что их организм находится в состоянии выраженного напряжения регуляторных систем вследствие повышения активности симпатико-адреналовой системы и системы «гипофиз – надпочечники». Интегральный уровень активности регуляторных систем существенно повышен за счет резкого увеличения активности центральных уровней регуляции.

На фоне возрастания массы тела у студентов наблюдается снижение активности парасимпатического звена вегетативной регуляции, о чем свидетельствует снижение параметра RMSSD, мощности высокочастотного компонента и увеличение периода высокочастотного компонента. При этом степень централизации управления ритмом сердца возрастает, соответственно увеличивается индекс централизации и соотношение VLF/HF. В массиве кардиоинтервалов преобладают недыхательные составляющие синусовой аритмии над дыхательными, по мере снижения амплитуды дыхательных волн вегетативный гомеостаз смещается в сторону преобладания симпатической регуляции. При нарастании степени метаболических нарушений в группе студентов увеличивается мощность спектра сверхнизкочастотного компонента variability ритма, что позволяет использовать этот параметр в качестве индикатора

метаболических нарушений, увеличивающих риск возникновения сердечно-сосудистых событий.

Анализ параметров ВСП у студентов позволяет в режиме скрининга оценить адекватность адаптационных процессов в ответ на стрессорный фактор в виде ментальных и эмоциональных нагрузок в процессе обучения, получить информацию о состоянии ВНС. На основании этого можно планировать проведение профилактических и восстановительных мероприятий. Не-

обходимы дальнейшие исследования параметров ВСП в качестве биомаркеров прогнозирования риска возникновения ССЗ у студентов на расширенном контингенте испытуемых и внедрение их в широкую практику.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор данной статьи сообщает об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Хетагурова Л.Г. Стресс (хрономедицинские аспекты). – Владикавказ: Проект-пресс, 2010. – 191 с.
2. Чибисов С.М., Рапопорт С.И., Благоднаров М.Л. Хронобиология и хрономедицина. – М.: Изд-во РУДН, 2018. – 415 с.
3. Prevalence of depression, depressive symptoms, and suicidal ideation among medical students / L.S. Rotenstein, M.A. Ramos, M. Torre, J.B. Segal, M.J. Peluso, C. Guille, S. Sen, D.A. Mata // *JAMA*. – 2016. – Vol. 316, № 21. – P. 2214. DOI: 10.1001/jama.2016.17324
4. The association between chronotype and perceived academic stress to depression in medical students / F. Romo-Nava, S.A. Tafoya, J. Gutierrez-Soriano, Y. Osorio, P. Carriedo, B. Ocampo, R.I. Bobadilla, G. Heinze // *Chronobiology international*. – 2016. – Vol. 33, № 10. – P. 1359–1368. DOI: 10.1080/07420528.2016.1217230
5. Depressive symptoms and quality of life among Chinese medical postgraduates: a national cross-sectional study / X. Zhong, Y. Liu, J. Pu, L. Tian, S. Gui, X. Song, S. Xu, X. Zhou [et al.] // *Psychology, Health & Medicine*. – 2019. – Vol. 24, № 8. – P. 1015–1027. DOI: 10.1080/13548506.2019.1626453
6. Resilience, sleep quality and morningness as mediators of vulnerability to depression in medical students with sleep pattern alterations / S.A. Tafoya, V. Aldrete-Cortez, S. Ortiz, C. Fouilloux, F. Flores, A.M. Monterosas // *Chronobiology International*. – 2019. – Vol. 36, № 3. – P. 381–391. DOI: 10.1080/07420528.2018.1552290
7. A systematic review of depression and anxiety in medical students in China / Y. Mao, N. Zhang, J. Liu, B. Zhu, R. He, X. Wang // *BMC Medical Education*. – 2019. – Т. 327, № 19. – P. 13. DOI: 10.1186/s12909-019-1744-2
8. The prevalence and impact of depression among medical students: A nation-wide cross-sectional study in South Korea / M.S. Roh, H.J. Jeon, H. Kim, S.K. Han, B.-J. Hahm // *Acad. Med.* – 2010. – Vol. 85, № 8. – P. 1384–1390. DOI: 10.1097/acm.0b013e3181df5e43
9. Identifying medical students at risk of underperformance from significant stressors / T.J. Wilkinson, J.M. McKenzie, A.N. Ali, J. Rudland, F.A. Carter, C.J. Bell // *BMC Medical Education*. – 2016. – Vol. 43, № 16. – P. 9. DOI: 10.1186/s12909-016-0565-9
10. Оценка адаптационных возможностей организма и задачи повышения эффективности здравоохранения / В.М. Баранов, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, В.М. Михайлов // *Экология человека*. – 2004. – № 6. – С. 25–29.
11. Баевский Р.М. Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. – М.: Слово, 2008. – 176 с.
12. Tafoya S.A., Aldrete-Cortez V. The Interactive Effect of Positive Mental Health and Subjective Sleep Quality on Depressive Symptoms in High School Students // *Behavioral Sleep Medicine*. – 2019. – Vol. 17, № 6. – P. 818–826. DOI: 10.1080/15402002.2018.1518226
13. Stress Resilience Measurement With Heart-Rate Variability During Mental And Physical Stress / S.Y. Dong, M. Lee, H. Park, I. Youn // *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* – 2018. – № 2018. – P. 5290–5293. DOI: 10.1109/EMBC.2018.8513531
14. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин, А.П. Гаврилушкин, П.Я. Довгалецкий, Ю.А. Кукушкин, Т.Ф. Миронова, Д.А. Прилуцкий [и др.] // *Вестник аритмологии*. – 2002. – № 24. – С. 65–87.
15. Флейшман А.Н. Медленные колебания кардиоритма и феномены нелинейной динамики: классификация фазовых портретов, показателей энергетичности, спектрального и детрентного анализа // *Материалы III Всероссийского симпозиума с международным участием и школы-семинара. – Новокузнецк: Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний СО РАМН, 2001. – С. 49–61.*
16. Флейшман А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики. Нелинейные феномены в клинической практике. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 194 с.
17. Body-mass index and all-cause mortality: individual participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents / The Global BMI Mortality Collaboration, E. Di Angelantonio, S. Bhupathiraju, D. Wormser, P. Gao, S. Kaptoge, A. Berrington de Gonzalez, B. Cairns [et al.] // *Lancet*. – 2016. – Vol. 388 (10046). – P. 776–786. DOI: 10.1016/S0140-6736 (16) 30175-1
18. BMI and all-cause mortality: systematic review and nonlinear dose-response meta analysis of 230 cohort studies with 3,74 million deaths among 30,3 million participants / D. Aune, A. Sen, M. Prasad, T. Norat, I. Janszky, S. Tonstad, P. Romundstad, L.J. Vatten // *BMJ*. – 2016. – № 353. – P. i2156. DOI: 10.1136/bmj.i2156
19. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years / The GBD 2015 Obesity Collaborators, A. Afshin, M.H. Forouzanfar, M.B. Reitsma, P. Sur, K. Estep, A. Lee, L. Marczak // *N. Engl. J. Med.* – 2017. – Vol. 377, № 1. – P. 13–27. DOI: 10.1056/NEJMoal614362
20. Невзорова В.А., Абрамов Е.А., Власенко А.Н. Особенности липидного спектра, вариабельности артериального давления и сердечного ритма у больных с клиническими проявлениями метаболического синдрома // *Вестник аритмологии*. – 2004. – № 36. – С. 27–30.
21. Mechanism Underlying the Formation of a Cluster of Metabolic Syndrome / S.I. Kseneva, E.V. Borodulina, V.V. Udut, V.P. Fisenko // *Endocr. Metab. Immune Disord. Drug Targets*. – 2020. – № 20. DOI: 10.2174/1871530319666191007115214

22. Вегетативная дисрегуляция в механизмах формирования проявлений метаболического синдрома / С.И. Ксенева, Е.В. Бородулина, О.Ю. Грифонова, В.В. Удут // Сибирский медицинский журнал. – 2018. – Т. 33, № 4. – С. 119–124.
23. Зволинская Е.Ю., Александров А.А. Оценка риска развития сердечно-сосудистых заболеваний у лиц молодого возраста // Кардиология. – 2010. – № 8. – С. 37–47.
24. Blood pressure reactivity to psychological stress predicts hypertension in the CARDIA study / K.A. Matthews, C.R. Katholi, H. McCreath, M.A. Whooley, D.R. Williams, S. Zhu, J.H. Markovitz // Circulation. – 2004. – № 110. – P. 74–78. DOI: 10.1161/01.CIR.0000133415.37578.E4
25. Факторы риска развития атеросклероза у молодежи / В.Б. Матюшичев, В.Б. Шамратова, Г.С. Тупиневич, Г.Р. Гарифуллина // Гигиена и санитария. – 2008. – № 3. – С. 66–69.
26. McGill H.C., McMahan C.A. Starting earlier to prevent heart disease // JAMA. – 2003. – Vol. 290, № 17. – P. 2320–2322. DOI: 10.1001/jama.290.17.2320

Беляева В.А. Предэкзаменационный стресс как фактор риска нарушений функций сердечно-сосудистой системы у студентов с разным метаболическим статусом // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 147–155. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.17

UDC 613.9: 378.172
DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.17.eng

Read
online



Research article

STRESS BEFORE EXAMS AS A RISK FACTOR CAUSING FUNCTIONAL DISORDERS IN THE CARDIOVASCULAR SYSTEM IN STUDENTS WITH DIFFERENT METABOLIC STATUS

V.A. Belyayeva

Institute of Biomedical Investigations – the Affilliate of Vladikavkaz Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, 22 Markusa Str., Vladikavkaz, 362027, Russian Federation

Students who attend a medical HEE often face strain in their adaptation mechanisms when preparing for exams; it can create substantial preconditions for functional deregulation in body systems. The article outlines some results obtained via examining heart rate variability (HRV) in students of the 2nd and the 3rd year attending the North Ossetia State Medical Academy who had different metabolic status in a period prior to exams.

Our research goal was to assess the state of the vegetative nervous system and regulatory systems in students with different metabolic status (BMI < 25; BMI = 25–29.99; BMI = 30–34.99.) who had to face excess stress during preparation to exams. Heart rate intervals were registered during five minutes in an examined person being at rest. HRV parameters were analyzed in time and frequency domains.

We revealed that medical students had elevated activity of the sympathetic section in their vegetative nervous system (VNS) during a period prior to exams; in particular, it was apparent for the regulation system of the vasomotor center (PLF = 48.4 %). Students' bodies had apparent strain in their regulatory systems (SI = 177.5 a.u.). Total activity of the regulatory system was significantly elevated (TP = 2,293 msec²) due to central regulation levels. As students' BMI grew, there was a decrease in activity of the parasympathetic component in vegetative regulation and heart rate management became more centralized (IC = 3.2–4.5 a.u.). Students with Class 3 obesity had the maximum spectrum power of the superlow component in heart rate variability (PVLf = 29.3 %). HRV parameters analysis allows estimating whether adaptation processes in students' bodies are adequate during preparation to exams; it can be done in screening mode and provides an opportunity to perform timely prevention activities.

Key words: stress, adaptation, risk factor, vegetative nervous system, heart rate variability, metabolic status, autonomous regulatory contour, central regulatory contour.

References

1. Khetagurova L.G. Stress (khronomeditsinskie aspekty) [Stress (chronomedical aspects)]. Vladikavkaz, Izd-vo «Proekt-press» Publ., 2010, 191 p. (in Russian).
2. Chibisov S.M., Rapoport S.I., Blagonravov M.L. Khronobiologiya i khronomeditsina [Chronobiology and chronomedicine]. Moscow, RUDN Publ., 2018, 415 p. (in Russian).

© Belyaeva V.A., 2020

Viktoriya A. Belyayeva – Candidate of Biological Sciences, Chief researcher (e-mail: pursh@inbox.ru; tel.: +7 (906) 494-44-93; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8126-5275>).

3. Rotenstein L.S., Ramos M.A., Torre M., Segal J.B., Peluso M.J., Guille C., Sen S., Mata D.A. Prevalence of depression, depressive symptoms, and suicidal ideation among medical students. *JAMA*, 2016, vol. 316, no. 21, pp. 2214. DOI: 10.1001/jama.2016.17324
4. Romo-Nava F., Tafoya S.A., Gutierrez-Soriano J., Osorio Y., Carriedo P., Ocampo B., Bobadilla R.I., Heinze G. The association between chronotype and perceived academic stress to depression in medical students. *Chronobiology international*, 2016, vol. 33, no. 10, pp. 1359–1368. DOI: 10.1080/07420528.2016.1217230
5. Zhong X., Liu Y., Pu J., Tian L., Gui S., Song X., Xu S., Zhou X. [et al.]. Depressive symptoms and quality of life among Chinese medical postgraduates: a national cross-sectional study. *Psychology, Health & Medicine*, 2019, vol. 24, no. 8, pp. 1015–1027. DOI: 10.1080/13548506.2019.1626453
6. Tafoya S.A., Aldrete-Cortez V., Ortiz S., Fouilloux C., Flores F., Monterosas A.M. Resilience, sleep quality and morningness as mediators of vulnerability to depression in medical students with sleep pattern alterations. *Chronobiology International*, 2019, vol. 36, no. 3, pp. 381–391. DOI: 10.1080/07420528.2018.1552290
7. Mao Y., Zhang N., Liu J., Zhu B., He R., Wang X. A systematic review of depression and anxiety in medical students in China. *BMC Medical Education*, 2019, vol. 327, no. 19, 13 p. DOI: 10.1186/s12909-019-1744-2
8. Roh M.S., Jeon H.J., Kim H., Han S.K., Hahm B.-J. The prevalence and impact of depression among medical students: A nation-wide cross-sectional study in South Korea. *Acad. Med.*, 2010, vol. 85, no. 8, pp. 1384–1390. DOI: 10.1097/acm.0b013e3181df5e43
9. Wilkinson T.J., McKenzie J.M., Ali A.N., Rudland J., Carter F.A., Bell C.J. Identifying medical students at risk of under-performance from significant stressors. *BMC Medical Education*, 2016, vol. 43, no. 16, 9 p. DOI: 10.1186/s12909-016-0565-9
10. Baranov V.M., Baevskii R.M., Berseneva A.P., Mikhailov V.M. Evaluation of adaptive abilities of an organism and tasks of healthcare effectiveness increase. *Ekologiya cheloveka*, 2004, no. 6, pp. 25–29 (in Russian).
11. Baevskii R.M. Berseneva A.P. Vvedenie v donozologicheskuyu diagnostiku [Introduction to pre-nosologic diagnostics]. Moscow, Slovo Publ., 2008, 176 p. (in Russian).
12. Tafoya S.A., Aldrete-Cortez V. The Interactive Effect of Positive Mental Health and Subjective Sleep Quality on Depressive Symptoms in High School Students. *Behavioral Sleep Medicine*, 2019, vol. 17, no. 6, pp. 818–826. DOI: 10.1080/15402002.2018.1518226
13. Dong S.Y., Lee M., Park H., Youn I. Stress Resilience Measurement With Heart-Rate Variability During Mental And Physical Stress. *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc*, 2018, no. 2018, pp. 5290–5293. DOI: 10.1109/EMBC.2018.8513531
14. Baevskii R.M., Ivanov G.G., Chireikin L.V., Gavrilushkin A.P., Dovgalevskii P.Ya., Kukushkin Yu.A., Mironova T.F., Prilutskii D.A. [et al.]. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem [Heart rate variability analysis when using different electrocardiography systems]. *Vestnik aritmologii*, 2002, no. 24, pp. 65–87 (in Russian).
15. Fleishman A.N. Medlennye kolebaniya kardioritma i fenomeny nelineinoy dinamiki: klassifikatsiya fazovykh portretov, pokazatelei energetiki, spektral'nogo i detrentnogo analiza [Slow fluctuations in heart rate and non-linear dynamics phenomena: classification of phase profiles, energy parameters, spectral and detrended analysis]. *Materialy III Vserossiiskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem i shkoly-seminara. Novokuznetsk, Nauchno-issledovatel'skii institute kompleksnykh problem gigiyeny i professional'nykh zabolevaniy SO RAMN Publ.*, 2001, pp. 49–61 (in Russian).
16. Fleishman A.N. Variabel'nost' ritma serdtsa i medlennye kolebaniya gemodinamiki. Nelineinye fenomeny v klinicheskoi praktike [Heart rate variability and slow fluctuations in hemodynamics. Non-linear phenomena in clinical practice]. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN Publ., 2009, 194 p. (in Russian).
17. The Global BMI Mortality Collaboration, Di Angelantonio E., Bhupathiraju S., Wormser D., Gao P., Kaptoge S., Berrington de Gonzalez A., Cairns B. [et al.]. Body-mass index and all-cause mortality: individual participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. *Lancet*, 2016, vol. 20, no. 388 (10046), pp. 776–786. DOI: 10.1016/S0140-6736 (16) 30175-1
18. Aune D., Sen A., Prasad M., Norat T., Janszky I., Tonstad S., Romundstad P., Vatten L.J. BMI and all-cause mortality: systematic review and nonlinear dose-response meta-analysis of 230 cohort studies with 3,74 million deaths among 30,3 million participants. *BMJ*, 2016, no. 353, pp. i2156. DOI: 10.1136/bmj.i2156
19. The GBD 2015 Obesity Collaborators, Afshin A., Forouzanfar M.H., Reitsma M.B., Sur P., Estep K., Lee A., Marczak L. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *N. Engl. J. Med.*, 2017, vol. 377, no. 1, pp. 13–27. DOI: 10.1056/NEJMoa1614362
20. Nevzorova V.A., Abramov E.A., Vlasenko A.N. Osobennosti lipidnogo spektra, variabel'nosti arterial'nogo davleniya i serdechnogo ritma u bol'nykh s klinicheskimi proyavleniyami metabolicheskogo sindroma [Peculiarities of lipid spectrum, blood pressure variability, and heart rate variability in patients with clinical signs of metabolic syndrome]. *Vestnik aritmologii*, 2004, no. 36, pp. 27–30 (in Russian).
21. Kseneva S.I., Borodulina E.V., Udut V.V., Fisenko V.P. Mechanism Underlying the Formation of a Cluster of Metabolic Syndrome. *Endocr. Metab. Immune Disord. Drug Targets*, 2020, no. 20. DOI: 10.2174/1871530319666191007115214
22. Kseneva S.I., Borodulina E.V., Trifonova O.Yu., Udut V.V. Dysregulation of the autonomic nervous system in the mechanisms of metabolic syndrome development. *Sibirskii meditsinskii zhurnal*, 2018, vol. 33, no. 4, pp. 119–124 (in Russian). DOI: 10.29001/2073-8552-2018-33-4-119-124
23. Zvolinskaya E.Yu., Aleksandrov A.A. Assessment of risk of cardiovascular diseases in persons of young age. *Kardiologiya*, 2010, no. 8, pp. 37–47 (in Russian).
24. Matthews K.A., Katholi C.R., McCreath H., Whooley M.A., Williams D.R., Zhu S., Markovitz J.H. Blood pressure reactivity to psychological stress predicts hypertension in the CARDIA study. *Circulation*, 2004, no. 110, pp. 74–78. DOI: 10.1161/01.CIR.0000133415.37578.E4
25. Matyushichev V.B., Shamratova V.B., Tupinevich G.S., Garifullina G.R. Risk factors of atherosclerosis in young people. *Gigiena i sanitariya*, 2008, no. 3, pp. 66–69 (in Russian).
26. McGill H.C., McMahan C.A. Starting earlier to prevent heart disease. *JAMA*, 2003, vol. 290, no. 17, pp. 2320–2322. DOI: 10.1001/jama.290.17.2320

Belyayeva V.A. Stress before exams as a risk factor causing functional disorders in the cardiovascular system in students with different metabolic status. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 4, pp. 147–155. DOI: 10.21668health.risk/2020.4.17.eng

Получена: 20.02.2020

Принята: 11.11.2020

Опубликована: 30.12.2020