

УДК 612.172.2:612.822.81;613.13:613.16

ЦИРКАННАУАЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ, ЖИТЕЛЕЙ ПРЕДГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ

Ботоева Н.К., Урумова Л.Т.

ГБУН «Институт биомедицинских исследований Владикавказского научного центра РАН и Правительства РСО-Алания», Владикавказ;

ГБОУ ВПО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия Минздравсоцразвития России», Владикавказ, e-mail: botonata@yandex.ru

Исследование посвящено изучению цирканнуальных колебаний показателей variability сердечного ритма, их взаимосвязей с текущими метеофакторами. Variability сердечного ритма оценивали неоднократно в разные сезоны года у 61 относительно здорового студента-волонтера в возрасте 19–22 лет. Выявлены межсезонные различия ЧСС, моды, доминирующего периода высоко- и сверхнизкочастотного компонентов спектра, соотношения низко- и высокочастотного компонентов спектра, процента вклада высоко- и низкочастотного компонентов спектра в общую variability. Более выраженные признаки напряжения механизмов адаптации вегетативной регуляции ритма сердца у студентов установлены в зимний сезон. Выявлены линейные и нелинейные зависимости нормализованных показателей высоко- и низкочастотной области спектра от температуры и облачности, зависящие от сезона года. Описанные изменения можно рассматривать как реализацию адаптационных реакций здорового организма.

Ключевые слова: цирканнуальные колебания, сезоны года, variability сердечного ритма, корреляции, метеофакторы

CIRCANNUAL FLUCTUATIONS OF HEART RATE VARIABILITY IN MEDICAL STUDENTS RESIDENTS OF NORTH OSSETIA FOOTHILL ZONE

Botoeva N.K., Urumova L.T.

Institute of Biomedical Researches of VSC RAS and North Ossetia-Alania;

State budget institution higher education North Ossetian State Medical Academy Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation, Vladikavkaz

The study investigates the seasonal fluctuations of heart rate variability indices and their dependence on current meteorological factors. The study included relatively healthy 61 student volunteers of 19–23 were examined repeatedly in different seasons. The investigation showed inter-seasonal differences of the heart rate, mode, dominant period of the high- and the ultralow components of the spectrum, ratio of low- and high-frequency components, percentage contribution of high- and low-frequency spectral components in the total variability. More expressed signs of strain adaptation mechanisms in students were established in the winter season. There were revealed a linear and non-linear dependence of the normalized performance of high- and low-frequency part of the spectrum on temperature and cloudiness, depending on the season. The detected changes can be considered as the realization of adaptive response of a healthy body.

Keywords: circannual fluctuations, seasons, heart rate variability, correlations, meteorological factors

Сезонная ритмичность физиологических функций, по мнению исследователей, обусловлена динамикой множества экзогенных (температура и влажность воздуха, колебания атмосферного давления, экология окружающей среды, солнечная активность, длительность светового дня, сезонные особенности питания) и эндогенных (колебания выработки гормонов, ритмы активности вегетативной нервной системы) факторов [1, 2, 4–6, 9, 10]. Ведущую роль в адаптации организма к воздействию факторов внешней среды играет сердечно-сосудистая система, функциональное состояние которой является своего рода индикатором как срочной, так и долговременной адаптации [8]. Тем более, что в условиях средних широт сезонные изменения окружающей среды оказывают значимое влияние на регуляцию цирканнуальных ритмов организма [7].

Цель исследования – изучить цирканнуальные колебания показателей variability сердечного ритма и их корреляционных взаимосвязей, обеспечивающих адаптацию к изменениям внешней среды в условиях обучения в вузе. Оценить степень зависимости показателей ВСР от метеофакторов в разные сезоны года.

Материал и методы исследования

Обследован 61 студент-медик (47 девушек и 14 юношей, относительно здоровых, 19–22 лет) в периоды семестровой учебной деятельности 2010–2012 гг. неоднократно в разные сезоны года. Отбирались они по официальному критерию ВОЗ, согласно которому здоровыми считаются те, кто не имеет хронических заболеваний, освобождений от работы или учебы по острому заболеванию и не предъявляет жалоб в день обследования [3]. Обследование студентов проводилось с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации, и было

одобрено локальным комитетом по этике ГБОУ ВПО СОГМА.

На протяжении каждого из сезонов для получения объективной картины состояния вегетативной регуляции проведена серия из 6–8 обследований каждого участника эксперимента, после чего результаты усреднялись. Оценку состояния регуляторных систем организма проводили по результатам анализа variability сердечного ритма с использованием АПК «Варикард 2.51». 5-минутную запись кардиоритмограмм проводили в одно и то же время (12–15 ч) после обязательной адаптации к условиям обследования в течение 15 мин. Оценивали следующие показатели: ЧСС; SDNN – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов; RMSSD – квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов; pNN50 – число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мсв % к общему числу кардиоинтервалов в массиве; MxDMn – вариационный размах; Mo – мода; SI – стресс индекс; TP – суммарная мощность спектра variability сердечного ритма; HF, [%] – мощность спектра высокочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний; LF, (%) – мощность спектра низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний; VLF, (%) – мощность спектра сверхнизкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний; HFt – доминирующий период высокочастотного компонента спектра; LFt – доминирующий период низкочастотного компонента спектра; VLFt – доминирующий период сверхнизкочастотного компонента спектра; LF и HF в нормализованных единицах (LFnu, HF nu), представляющих собой отношение абсолютной мощности каждого спектрального компонента к общей мощности за вычетом сверхнизкочастотного компонента; LF/HF – отношение значений низкочастотного и высокочастотного компонента variability сердечного ритма; VLF/HF – отношение значений сверхнизкочастотного и высокочастотного компонента variability сердечного ритма; IC – индекс централизации; CC1 – значение первого коэффициента автокорреляционной функции; CC0 – число сдвигов автокорреляционной функции до получения значения коэффициента корреляции меньше нуля.

Статистическая обработка результатов проведена с помощью пакета программ Statistica 6.0. Полученные данные не подчинялись закону нормального распределения по критерию Шапиро-Уилка, поэтому все показатели представлены в виде медианы (Md) и интерквартильного размаха. Для анализа различий между показателями в разные сезоны года применяли Repeated Measures ANOVA после нормализации распределения путем логарифмирования (ln) исходных данных. Для анализа взаимосвязей показателей ВСР с метеофакторами применяли множественную нелинейную регрессию. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Установлены определенные колебания показателей variability сердечного ритма у относительно здоровых студентов

в разные сезоны года. При однофакторном дисперсионном анализе наблюдаются значимые межсезонные различия частоты сердечных сокращений, моды, доминирующего периода высокочастотного компонента спектра, соотношения низко- и высокочастотного компонентов спектра, индекса централизации и отличия в виде тенденции в проценте вклада высоко- и низкочастотного компонентов спектра, а также доминирующего периода сверхнизкочастотного компонента спектра (таблица).

Для детализации выявленных различий между группами при условии того, что нулевая гипотеза была отвергнута, проведен апостериорный анализ с использованием критерия Ньюмена-Кейлса. Выявлены статистически значимые различия ЧСС в зимний сезон года (85,00 (79,00; 92,00)), сравнительно с осенним (78,00 (72,77; 85,00), $p = 0,035$) и весенним сезонами (78,19 (72,04; 88,08), $p = 0,033$); pNN50% в зимний сезон (9,70 (4,90; 17,60)), сравнительно с осенним (15,86 (8,67; 24,50), $p = 0,044$) и весенним (14,06 (5,78; 25,31), $p = 0,048$); и, напротив, мода в зимний период была ниже, чем в осенний (695,81 (651,49; 762,32) против 771,31 (698,45; 825,36) соответственно $p = 0,034$) и весенний сезоны (695,81 (651,49; 762,32) против 776,52 (671,19; 827,24) соответственно $p = 0,028$), что указывает на преобладание тонууса симпатической нервной системы в этот период года. Средний период дыхательного цикла (HFt) имел тенденцию к возрастанию в зимний сезон, сравнительно с осенним ((5,17 (3,58; 6,36) против 3,88 (3,18; 5,66) соответственно $p = 0,082$) и к снижению в весенний сезон, сравнительно с зимним (4,08 (3,18; 5,54) против 5,17 (3,58; 6,36) соответственно $p = 0,053$). Максимальные значения среднего периода рефлекторного ответа сердечно-сосудистого подкоркового центра (VLFt) установлены у студентов в весенний период и их отличия от аналогичного показателя в летний сезон были статистически значимы ((51,20 (42,67; 68,27) против 44,52 (31,03; 56,89) соответственно $p = 0,034$).

При анализе вклада волн различного порядка в суммарную мощность спектра также выявлены сезонные отличия. Вклад высокочастотного спектра (HF, %) в общую мощность в весенний сезон достоверно выше и составил 34,04% (25,37; 45,59) против 25,11 (15,60; 35,10) зимой соответственно $p = 0,026$. Различия во вкладе низкочастотного спектра (LF, % в зимний сезон года были выше (49,94 (38,60; 62,34)), чем в весенний (40,44 (36,01; 53,14)), $p = 0,039$.

Сравнительный анализ показателей ВСР в разные сезоны года

	Осень	Зима	Весна	Лето	p
ЧСС	78,00 (72,77; 85,00)	85,00 (79,00; 92,00)	78,19 (72,04; 88,08)	84,06 (74,00; 91,98)	0,013
RMSSD	37,00 (29,56; 44,74)	33,00 (27,00; 44,00)	36,79 (26,35; 51,83)	31,54 (25,00; 43,89)	0,264
pNN50%	15,86 (8,67; 24,50)	9,70 (4,90; 17,60)	14,06 (5,78; 25,31)	10,92 (4,23; 23,16)	0,119
SDNN	50,82 (38,00; 60,38)	46,21 (42,47; 58,04)	47,66 (38,86; 59,74)	50,15 (37,24; 63,38)	0,969
Mo	771,31 (698,45; 825,36)	695,81 (651,49; 762,32)	776,52 (671,19; 827,24)	720,12 (647,46; 811,78)	0,010
CC1	0,66 (0,57; 0,74)	0,73 (0,64; 0,79)	0,65 (0,57; 0,73)	0,68 (0,54; 0,77)	0,178
CC0	3,56 (2,50; 6,44)	4,12 (3,26; 5,60)	4,34 (2,83; 8,44)	4,10 (3,06; 4,61)	0,194
SI	102,13 (68,56; 181,21)	120,20 (102,36; 189,64)	113,19 (67,57; 166,76)	108,52 (75,28; 212,55)	0,899
HFt	3,88 (3,18; 5,66)	5,17 (3,58; 6,36)	4,08 (3,18; 5,54)	4,32 (3,40; 6,13)	0,042
LFt	10,89 (9,39; 12,64)	11,01 (9,14; 15,52)	11,25 (9,06; 18,96)	12,49 (9,66; 18,62)	0,475
VLft	46,55 (37,93; 64,00)	46,55 (36,57; 53,89)	51,20 (42,67; 68,27)	44,52 (31,03; 56,89)	0,098
HFnu	32,56 (25,27; 41,52)	24,23 (18,36; 37,89)	35,48 (27,88; 46,75)	31,22 (22,69; 42,28)	0,043
LFnu	50,45 (37,84; 60,75)	55,35 (40,27; 64,74)	43,40 (31,48; 59,88)	51,41 (39,77; 60,83)	0,104
HF, %	31,86 (23,70; 40,39)	25,11 (15,60; 35,10)	34,04 (25,37; 45,59)	30,39 (21,48; 39,97)	0,065
LF, %	47,63 (38,20; 55,00)	49,94 (38,60; 62,34)	40,44 (36,01; 53,14)	49,20 (38,31; 55,04)	0,098
VLF, %	18,92 (12,92; 26,00)	19,37 (12,20; 28,30)	17,20 (13,39; 27,13)	20,32 (15,43; 23,90)	0,844
LF/HF	1,52 (1,04; 2,23)	2,15 (1,32; 3,76)	1,44 (0,77; 1,94)	1,67 (1,04; 2,76)	0,008
VLF/HF	0,68 (0,40; 0,95)	0,82 (0,38; 1,38)	0,48 (0,35; 1,05)	0,65 (0,44; 1,05)	0,111
IC	2,14 (1,48; 3,21)	2,99 (1,85; 5,40)	1,94 (1,19; 2,94)	2,29 (1,50; 3,65)	0,009

Примечания: результаты представлены в виде медианы, 25-й и 75-й перцентилей; p – уровень значимости различий по результатам дисперсионного анализа.

Наряду с этим, анализ показал, что вклад сверхнизкочастотного компонента (VLF), отражающего уровень активности церебральных эрготропных структур в общую мощность спектра variability, в разные сезоны года остается стабильным, а изменение спектральной структуры происходит за счет высокочастотного и низкочастотного компонентов, т.е. парасимпатического и симпатического отделов ВНС. Эта закономерность прослеживается и в динамике LF и HF в нормализованных единицах: величина HFn.u. в зимний сезон составила 24,23 (18,36; 37,89) против 35,48 (27,88; 46,75) в весенний, $p = 0,022$; величина LFn.u. в зимний

сезон составила 55,35 (40,27; 64,74) против 43,40 (31,48; 59,88) в весенний, $p = 0,047$. Соответственно логичным является и значимое различие отношения низкочастотного и высокочастотного компонентов variability (LF/HF): выше в зимний сезон, чем в весенний (2,15 (1,32; 3,76) против 1,44 (0,77; 1,94) соответственно $p = 0,006$) и в осенний (2,15 (1,32; 3,76) против 1,52 (1,04; 2,23) соответственно $p = 0,023$.) Степень централизации управлением ритмом сердца (IC) в зимний сезон года (2,99 (1,85; 5,40)) статистически значимо выше, чем в весенний (1,94 (1,19; 2,94)), $p = 0,026$ и в осенний (2,14 (1,48; 3,21)) сезоны ($p = 0,008$).

Таким образом, результаты исследования показателей ВСП свидетельствуют о том, что в годовом цикле на фоне относительно постоянного состояния вегетативной регуляции сердечного ритма выделяются значимые ее изменения в зимний и весенний сезоны. В зимний сезон у студентов вегетативный баланс смещается в сторону симпатического влияния, в весенний сезон наиболее активен автономный контур вегетативной регуляции. Данные изменения могут быть связаны с разными сезонными особенностями механизмов адаптации студентов к изменяющимся условиям окружающей среды.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что уровень активности церебральных эрготропных структур относительно здоровых молодых людей остается стабильным на протяжении всего годового цикла в периоды семестровой учебной де-

ятельности, не сопряженные с усиленной умственной и эмоциональной нагрузкой, характерных для периода зачетов и экзаменов. Колебания уровня вагосимпатического взаимодействия, вероятно, обусловлены сменой сезонов года и, очевидно, изменением комплекса метеофакторов.

Известно, что адаптация организма к воздействию внешних факторов обеспечивается скоординированными в пространстве и времени и соподчиненными между собой специализированными функциональными системами организма и определенным уровнем внутрисистемных корреляционных взаимосвязей для поддержания гомеостаза. Для оценки вегетативного обеспечения деятельности сердечно-сосудистой системы оценен вклад составляющих разного частотного спектра в общую вариабельность (рис. 1).

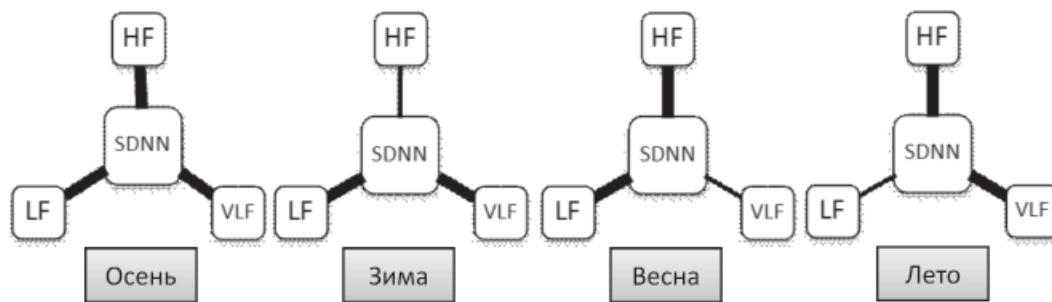


Рис. 1. Механизмы регуляции вегетативного тонуса в разные сезоны года. Примечание:
 ———— — умеренная корреляционная связь ($0,30 < r < 0,49$);
 ————— — средняя корреляционная связь ($0,50 < r < 0,69$);
 ————— — сильная корреляционная связь ($r > 0,70$)

Лишь корреляционную плеяду, наблюдаемую весной, можно рассматривать как ненапряженный вегетативный баланс, в остальные сезоны значительный вклад в общую вариабельность вносят церебральные эрготропные системы.

На следующем этапе исследования проведен регрессионный анализ зависимости показателей ВСП от метеофакторов в разные сезоны года. Регрессионные модели удалось построить для нормализованных показателей HFnu и LFnu. В весенний сезон выявлена квадратичная зависимость обоих показателей от температуры ($R^2 = 0,23-0,29$) (рис. 2а, б); в летний – зависимость HFnu от температуры была линейной ($R^2 = 0,25$), для LFnu регрессионную модель получить не удалось; в зимний – зависимость обоих показателей от облачности описывалась линейной функцией ($R^2 = 0,22-0,23$) (рис. 2в, г), в осенний – квадратичной ($R^2 = 0,20-0,23$) (рис. 2д, е).

Полученные данные определённым образом перекликаются с результатами иссле-

дования [11], где показатели ВСП (SDNN, HF и LF) были ассоциированы с температурой окружающей среды в течение теплого времени года (май–сентябрь), но этой связи не прослеживалось в течение холодного периода (ноябрь–март).

Таким образом, среди показателей ВСП наиболее чувствительными к изменению метеофакторов являются нормализованные показатели высоко- и низкочастотной области спектра, где исключается влияние сверхнизкочастотного компонента, который, по полученным данным, оставался относительно стабильным на протяжении годового цикла. Выявленные зависимости могут быть как линейными, так и нелинейными (аппроксимируемыми полиномом второй степени), при этом вариабельность показателей сердечного ритма, отражающих состояние симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, на 20–29% может объясняться такими метеофакторами, как температура и облачность.

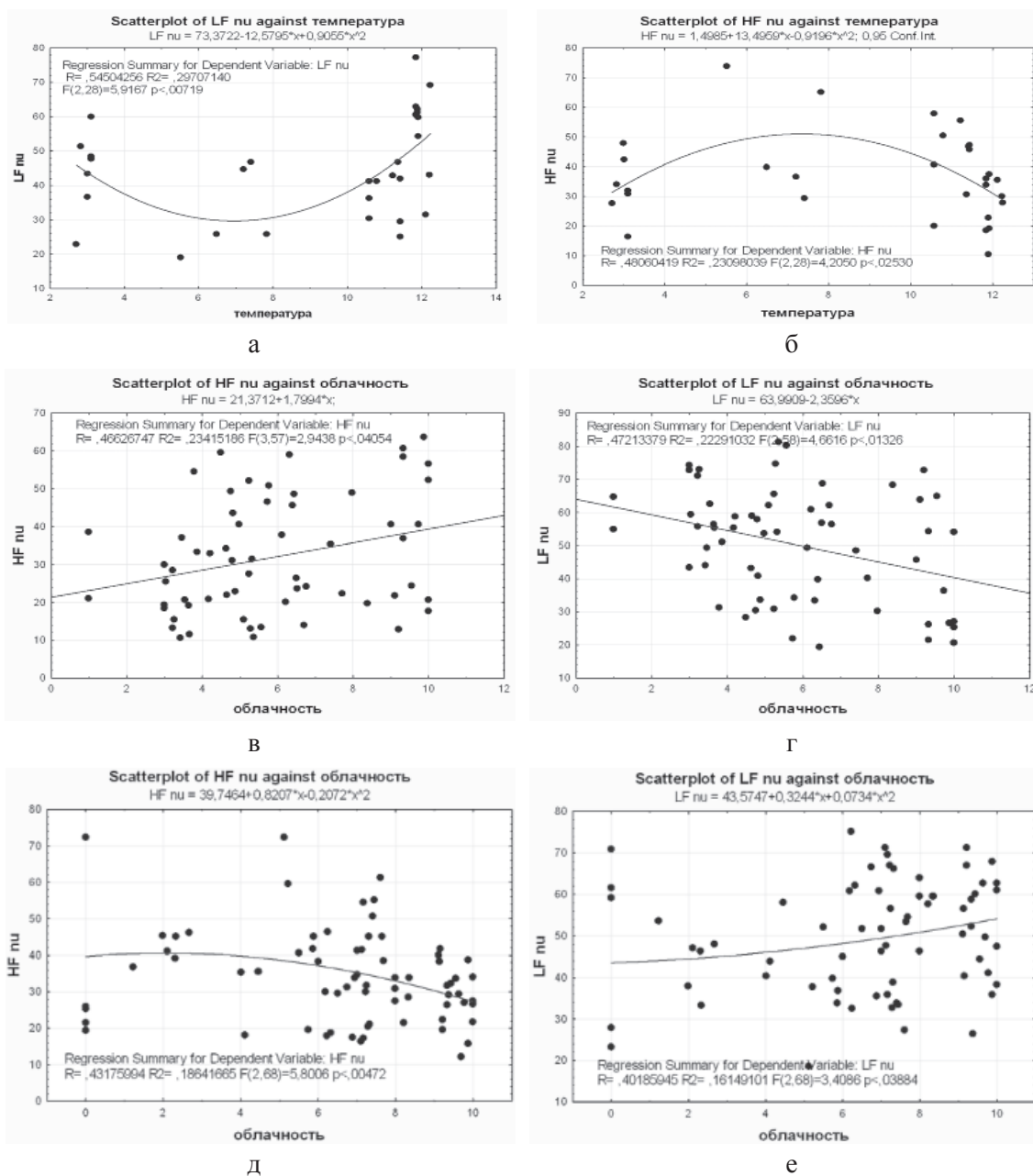


Рис. 2. Зависимость показателей ВСП от метеофакторов

Выводы

1. Выявлена цирканнуальная динамика показателей variability сердечного ритма, обеспечивающая адаптацию студентов к изменяющимся условиям окружающей среды в процессе обучения в разные сезоны.

2. Более выраженные признаки напряжения механизмов адаптации вегетативной регуляции ритма сердца у студентов установлены в зимний сезон, что, по-видимому, отражает мобилизацию функциональных резервов организма для адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды в этот период года. Наиболее чувствитель-

ными к сезонным изменениям окружающей среды являются ЧСС, мода, высоко- и низкочастотные составляющие спектра и их отношения.

3. Сила корреляционных связей между показателями мощности спектра и общей variability сердечного ритма только в весенний сезон можно рассматривать как показатель ненапряженного вегетативного баланса.

4. Выявлены линейные и нелинейные зависимости нормализованных показателей высоко- и низкочастотной области спектра (HFnu и LFnu) от температуры и облачности, зависящие от сезона года.

Список литературы

1. Ботоева Н.К., Урумова Л.Т. Анализ сезонных особенностей биоэлектрической активности головного мозга у студентов-медиков, жителей г. Владикавказа // Неврологический вестник (Журнал им. В.М. Бехтерева). – 2009. – Т. XLI. – № 3. – С. 49–52.
2. Воронин Н.М. Основы биологической и медицинской климатологии. – М.: Медицина. 1981. – 352 с.
3. Ефимова Н.В., Попова О.Н. Адаптивные реакции внешнего дыхания у здоровых студентов в годовом цикле на европейском севере // Экология человека. – 2012. – №3. – С. 23–27.
4. Копосова Т.С., Чикова С.Н., Чиков А.Е. Сезонные изменения показателей кардиогемодинамики и вегетативного статуса организма студентов // Экология человека. – 2004. – № 5. – С. 23–25.
5. Степанова Г.К., Дмитриева С.М., Устинова М.В. Вариабельность сердечного ритма в различные сезоны года у юношей-якутов // Дальневосточный медицинский журнал. – 2010. – №2. – С.105–108.
6. Чеснокова В.Н., Мосягин И.Г. Сезонные изменения сердечного ритма у студентов с различными типами вегетативной регуляции на Европейском Севере // Экология человека. – 2010. – №3. – С. 35–39.
7. Чибисов С.М., Овчинникова Л.К., Бреус Т.К. Биологические ритмы сердца и «внешний стресс». – М., 1988. – 288 с.
8. Особенности краткосрочной адаптации центрального и периферического отделов сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам у детей 6-летнего возраста / А.Н. Шарапов, С.Б. Догадкина, В.Н. Безобразова и др. // Новые исследования. – 2009. – №1(18). – С. 65–78.
9. Arendt J. Melatonin: Characteristics, Concerns, and Prospects // Journal of Biological Rhythms. – 2005. – Vol. 20. – №4. – P. 291–303.
10. Aschoff, J. Circadian systems / J.Aschoff // Pflugers Arch. – 1985. – Vol. 403. – Suppl. 11. – P. 1.
11. Ren C., Park S.K., O'Neill M.S. et al. Ambient temperature, air pollution, and heart rate variability in an aging population // American J. of Epidem. – 2011. – №8. – P. 1–9.
3. Efimova N.V., Popova O.N. Adaptivnye reakcii vneshnego dyhaniya u zdorovykh studentov v godovom cikle na evropejskom severe // Jekologija cheloveka, 2012. no. 3. pp. 23–27.
4. Kuposova T.S., Chikova S.N., Chikov A.E. Sezonnje izmenenija pokazatelej kardiogemodinamiki i vegetativnogo statusa organizma studentov // Jekologija cheloveka, 2004. no. 2. pp. 23–25.
5. Stepanova G.K., Dmitrieva S.M., Ustinova M.V. Variabel'nost' serdechnogo ritma v razlichnye sezony goda u junoshej-jakutov, Dal'nevostochnyj medicinskij zhurnal, 2010. no. 2. pp. 105–108
6. Chesnokova V.N., Mosjagin I.G. Sezonnje izmenenija serdechnogo ritma u studentov s razlichnymi tipami vegetativnoj reguljacji na Evropejskom Severe // Jekologija cheloveka, 2010. no. 2. pp. 35–39.
7. Chibisov S.M., Ovchinnikova L.K., Breus T.K. Biologicheskie ritmy serdcai «vneshnij stress». M., 1988. 288 p.
8. Sharapov A.N., Dogadkina S.B., Bezobrazova V.N. idr. Osobennosti kratkosrochnoj adaptacii central'nogo i perifericheskogo otdelov serdechno-sosudistoj sistemy k fizicheskim nagruzkam u detej 6-letnego vozrasta // Novyeissledovanija, 2009. no. 1(18). pp. 65–78.
9. Arendt J. Melatonin: Characteristics, Concerns, and Prospects //Journal of Biological Rhythms., 2005. Vol. 20. no. 4. pp. 291–303.
10. Aschoff, J. Circadian systems //J.Aschoff // Pflugers Arch., 1985. Vol. 403., Suppl. 11. pp. 1.
11. Ren C., Park S.K., O'Neill M.S. et al. Ambient temperature, air pollution, and heart rate variability in an aging population // American J. of Epidem., 2011. no. 8. pp. 1–9.

References

Рецензенты:

Чибисов С.М. д.м.н., профессор кафедры общей патологии и патологической физиологии медицинского факультета РУДН, г. Москва;

Джигоев И.Г., д.м.н., профессор, зав. ЦНИЛ ФГБОУ ВПО СОГМА, г. Владикавказ.

Гладилин Г.П., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой клинической лабораторной диагностики, ГБОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского « Минздравсоцразвития РФ, г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 21.12.2012.