

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 613.96:612.172.2.08

Кретова И.Г.¹, Ведясова О.А.¹, Комарова М.В.^{1,2}, Ширяева О.И.³

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗЕРВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ ПО ПАРАМЕТРАМ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

¹ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Минобрнауки РФ, 443086, Самара;

²ФГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет Минздрава России», 443099, Самара;

³ООО «Самарский научно-исследовательский и проектный институт нефтедобычи», 443096, Самара

Материал и методы. Изучены параметры вариабельности сердечного ритма (BCP) у 200 студентов в покое и при физической нагрузке. Для оценки функциональных резервов сердечно-сосудистой системы после нагрузки рассчитывали показатель восстановления нормального ритма сердца (ПВНР), строили логистические модели и кривые операционной характеристики (ROC-кривые).

Результаты. В состоянии покоя между юношами и девушками 16–18 лет существенных различий в параметрах BCP не выявлено, а в возрастном интервале 19–22 лет между студентами разного пола и возраста установлены значимые различия в спектральных параметрах BCP, отмечено доминирование симпатической составляющей регуляции кардиоритма у юношей и парасимпатической у девушек. При физической нагрузке у студентов младших курсов превалировала активация вагусных влияний на сердце, а у старшекурсников вегетативный баланс смещался в сторону большей активности симпатических регуляторных механизмов. Уменьшение ПВНР выявлено у 41% обследованных. Повышенный риск развития функциональных нарушений сердца имели 42% юношей, 39% девушек 16–18 лет и 36% юношей, 44% девушек 19–22 лет.

Заключение. У студентов разного пола в интервале от 16–18 до 19–22 лет меняется характер вегетативной регуляции кардиоритма. Оптимальная реакция сердца на нагрузочную пробу наблюдается при низких исходных значениях частоты сердечных сокращений и преобладании парасимпатической составляющей кардиорегуляции в покое. Для оценки функционального резерва сердечно-сосудистой системы по параметрам BCP рекомендован расчет ПВНР, а для эффективного прогнозирования скорости восстановления ритма сердца после нагрузочных проб – анализ стандартного отклонения длительностей RR-интервалов в выборке (SDNN).

Ключевые слова: студенты; функциональные резервы; вариабельность сердечного ритма.

Для цитирования: Кретова И.Г., Ведясова О.А., Комарова М.В., Ширяева О.И. Анализ и прогнозирование резервных возможностей организма студентов по параметрам вариабельности сердечного ритма. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(6): 556-561. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-556-561>

Kretova I.G.¹, Vedyasova O.A.¹, Komarova M.V.^{1,2}, Shiryayeva O.I.³

ANALYSIS AND FORECASTING OF RESERVE CAPABILITIES OF THE ORGANISM OF STUDENTS ACCORDING TO INDICES OF HEART RATE VARIABILITY

¹Samara National Research University, Samara, 443086, Russian Federation;

²Samara State Medical University, Samara, 443099, Russian Federation;

³ООО «Samara Research and Design Institute for oil production, Samara, 443010, Russian Federation;

Introduction. Currently, there is a deterioration trend in the health of the younger generation, in particular, an increasing number of persons with functional disorders of the cardiovascular system. Regarding this it is important to develop an comprehensive approach to the study of the circulatory indices in the young age with informative clinical diagnostic techniques and new ways to analyze the data.

Material and methods. Heart rate variability (HRV) indices in 200 students at rest and during exercise were studied. For a more complete assessment of the functional reserves of cardiovascular system after the load the index of the normal heart rhythm restoration (SDNN) was calculated. Moreover, we built logistic models and curves of the operating characteristics.

Results. At rest, no significant differences in indices of both HRV and autonomic regulation of heart rate have been identified between boys and girls aged of 16-18 years. Students of the different gender, aged of 19-22 years showed significant differences in spectral parameters of HRV, there was noted the dominance of the sympathetic component of heart rate regulation in boys and parasympathetic - in girls. In terms of physical activity in undergraduate students there is observed mainly the activation of vagal influences on the heart, in senior students the vegetative balance shifted to the direction of the increased activity of mechanisms of the sympathetic regulation. The revealed decrease of NHRR reflects the low level of the reserve capacity of the cardiovascular system in 41% out of observed students. Part of students with an increased probability of the reduction of functional cardiac disorders accounted for 42% of boys and 39% of girls among students aged 16-18 years and 36% of boys and 44% of girls among students aged of 19-22 years.

Conclusion. There is a change in the nature of autonomous regulation of heart rate in students of different gender and ages from 16-18 to 19-22 years. The optimal cardiac response to stress test is observed at low baseline values

of heart rate and the prevalence of the parasympathetic part of the autonomic regulation of the heart rate at rest. To assess the functional reserve of the cardiovascular system in HRV indices we recommend the calculation of NHR and the analysis of the SDNN coefficient for the effective prediction of heart rate recovery rate after exercise testing.

Key words: *students; functional reserves; heart rate variability.*

For citation: Kretova I.G., Vedyasova O.A., Komarova M.V., Shiryayeva O.I. Analysis and forecasting of reserve capabilities of the organism of students according to indices of heart rate variability. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(6): 556-561. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-556-561>

For correspondence: *Irina G. Kretova, MD, PhD, DSci., Professor, Head of the Department of Life Safety and Physical Education of the Samara National Research University, Samara, 443086, Russian Federation. E-mail: kretova@samsu.ru, igkretova@gmail.com*

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 10 May 2016

Accepted: 04 October 2016

Введение

Современный этап развития общества характеризуется ухудшением состояния здоровья подрастающего поколения. В последние годы в популяции молодых людей увеличивается количество лиц, страдающих функциональными нарушениями [1, 2] и серьезными заболеваниями сердечно-сосудистой системы, в частности, заметно «помолодела» гипертоническая болезнь, участились случаи развития инсультов, инфаркта миокарда, синдрома внезапной смерти [3, 4].

Сохранение здоровья молодых людей возможно путем ранней оценки адаптационных возможностей организма и своевременной коррекции выявленных функциональных нарушений [5]. Одним из информативных показателей, отражающих функциональное состояние системы кровообращения и общий уровень напряжения регуляторных механизмов организма, является вариабельность сердечного ритма (ВСР) [6]. В кардиоритме заключена информация о процессах, протекающих не только в пределах сердечно-сосудистой системы, но и в других различных звеньях сложного механизма регуляции функционального состояния организма, включая нервные центры и эндокринную систему [7, 8]. Именно поэтому анализ ВСР целесообразен и перспективен в аспекте изучения как механизмов, управляющих сердечным ритмом [9], так и вегетативного статуса и адаптационных возможностей организма человека в различных ситуациях [10]. Наряду с традиционными методами оценки сердечно-сосудистой системы по параметрам ВСР имеется потребность в поиске новых показателей кардиоритма, использование которых в медико-биологических исследованиях могло бы открыть значительные перспективы [11].

Целью настоящего исследования явилось изучение функциональных резервов сердечно-сосудистой системы по параметрам ВСР с применением общепринятых и новых способов оценки ритма сердца у студентов – юношей и девушек разного возраста.

Материал и методы

Исследование выполнено среди 200 студентов I–IV-го курса Самарского университета, которых обследовали в состоянии покоя и после физических нагрузок. Студенты участвовали в исследовании на добровольной основе после представления информированного согласия, одобренного биоэтической комиссией университета. Среди обследованных 75 человек (33 юноши и 42 девушки) находились в возрасте 16–18 лет, 125 человек (48 юношей и 77 девушек) – в возрасте 19–22 лет. Все студенты относились к I и II группам здоровья, не болели в течение последних 3 мес острыми респираторно-вирусными заболеваниями, были некурящими и не занимались в спортивных секциях.

Параметры ВСР регистрировали методом пульсоинтерваллографии на аппарате «Элокс-01», снабженном компьютерной программой Elograph, версия 3.3 (Россия, Самара, ЗАО ИМЦ

Для корреспонденции: *Кретова Ирина Геннадьевна*, д-р мед. наук, проф., зав. каф. Безопасности жизнедеятельности и физического воспитания Самарского университета, ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Минобрнауки РФ, 443086, Самара. E-mail: kretova@samsu.ru, igkretova@gmail.com

“Новые приборы”), при помощи пальцевого датчика-прищепки. Процедуру проводили в положении сидя не ранее чем через 1,5–2 ч после еды в тихой комнате при температуре 20–22 °С после 5-минутной адаптации к обстановке. Каждый испытуемый обследовался дважды – в спокойном состоянии и в период восстановления после выполнения теста с физической нагрузкой (20 приседаний за 20 с).

Кардиоритмограммы регистрировали в течение 5 мин. Анализировали как общепринятые статистические, диагностические и спектральные параметры ВСР [6, 12], так и новые показатели [13]. В частности, для оценки функциональных резервов сердечно-сосудистой системы после физической нагрузки рассчитывали показатель восстановления нормального ритма сердца (ПВНР). Для этого измеряли длительность 100 следующих друг за другом RR-интервалов и вычисляли величину ПВНР как отношение разности между суммами длительностей десяти последних и десяти первых RR-интервалов, умноженной на 1000, к значению временного отрезка, соответствующего 100 кардиоритмограммам, зарегистрированным после окончания функциональной пробы. Величину ПВНР менее 2,2 расценивали как свидетельство уменьшения резервного потенциала сердечно-сосудистой системы. Для прогнозирования возможности быстрого восстановления нормального ритма сердца после нагрузочной пробы применяли логистическую регрессию и анализ кривых операционной характеристики (ROC-кривых).

Статистический анализ выполнен с применением пакетов программ SPSS 21 и электронных таблиц Excel 2003. В работе приведены средние значения изучаемых показателей и их среднеквадратические отклонения. Показатели ВСР, которые имели значительные отклонения от нормального распределения, сравнивали с помощью непараметрических методов анализа: применяли критерий Манна–Уитни–Вилкоксона и парный критерий Вилкоксона. Для исследования взаимосвязей рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Данные исследования показали, что в спокойном состоянии значения диагностических, статистических и спектральных параметров ВСР и, таким образом, характер влияния вегетативной нервной системы на кардиоритм у юношей и девушек 16–18 лет практически не различаются (табл. 1).

Что касается студентов 19–22 лет, то у них были выявлены достоверные гендерные различия по ряду параметров ВСР. Установлено, в частности, что в состоянии покоя у девушек на долю высокочастотных волн (HF-компонент) в общем спектре мощности кардиоритма (Total) приходится 31,2%, а у юношей – 16,5% ($p < 0,01$). В то же время доля медленных волн (LF-компонент) у юношей (41,7%), напротив, была больше, чем у девушек (35,2%) при $p < 0,01$. Представительство очень низкочастотных волн (VLF-компонент) в спектре кардиоритма у юношей (41,8%) также статистически значимо ($p < 0,05$) превышало таковое у девушек (33,6%).

Несколько иная картина ВСР наблюдалась у студентов в условиях восстановления после физической нагрузки (табл. 2). Выполнение нагрузочной пробы приводило к закономерным изменениям большинства показателей ВСР в обеих возрастных группах.

Показатели ВСР у студентов в состоянии покоя

Показатель	16–18 лет		19–22 года	
	юноши	девушки	юноши	девушки
ЧСС в минуту	78,30±10,43	77,66±9,82	77,12±12,15	74,06±9,33
SDNN, мс	65,67±20,35	67,75±17,47	80,44±49,70	69,29±17,65
RMSSD, мс	45,72±19,14	52,00±17,71	49,53±23,53	56,94±22,41
pNN50, %	17,78±14,62	21,50±15,19	17,41±12,71	26,81±16,86*
СИМ, у. е.	2,83±2,55	2,67±1,61	2,63±2,12	2,03±2,02
ПАР, у. е.	14,72±4,24	15,17±3,90	16,06±5,71	16,45±4,46
ИН, у. е.	96,44±63,55	82,50±45,73	84,69±58,11	70,26±35,43
VLF, мс ²	3960,17±3989,17	4008,92±3741,17	6683,88±7162,72	3650,74±2175,68*
LF, мс ²	3892,83±2707,03	4485,00±2424,88	6676,44±5412,89	3821,13±1827,52*
HF, мс ²	2487,00±2744,00	3028,42±2245,86	2642,16±3599,42	3382,45±3491,07*
Total, мс ²	10 339,94±8609,72	11 522,67±6814,34	16 002,41±11 300,15	10 854,23±5686,50
LF norm, %	61,67±13,69	63,08±10,08	73,41±15,83	57,29±16,56**
HF norm, %	38,33±13,69	36,92±10,08	26,59±15,83	42,71±16,56**
LF/HF	2,10±1,55	2,02±1,00	4,50±3,59	1,88±1,61**

Примечание. Различия с юношами статистически значимы при * – $p < 0,05$, при ** – $p < 0,01$. Здесь и далее: ЧСС – частота сердечных сокращений, RMSSD – квадратный корень из среднего значения квадратов разностей длительностей последовательных кардиоинтервалов; pNN50 – отношение числа RR-интервалов, отличающихся от соседних более чем на 50 мс, к общему числу RR-интервалов; СИМ и ПАР – показатели активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. Остальные обозначения указаны в тексте.

В то же время на фоне нагрузки достоверные межвозрастные и гендерные различия в параметрах ВСР нивелировались. Исключение составил показатель СИМ, который значимо увеличивался только у студентов 19–22 лет, причем у юношей на 53,6% ($p < 0,05$), что в 2,2 раза сильнее, чем у девушек (24,6%, $p < 0,05$).

Для оценки функциональных резервов сердечно-сосудистой системы был рассчитан ПВНР. Установлено, что средние значения ПВНР у студентов разного пола и возраста после выполнения нагрузочной пробы варьировали от 2,51±1,51 до 2,57±1,72 (у юношей 19–22 и 16–18 лет соответственно) и от 2,57±1,45 до 2,78±1,27 (у девушек 19–22 и 16–18 лет соответственно), что в целом отражает оптимальное функционирование системы кровообращения. Вместе с тем только у 59% студентов показатель ПВНР был равен референтному значению 2,2 или превышал его, а у 41% студентов он был ниже указанной величины, что послужило основанием для более дифференцированного анализа уровня резервного потенциала у испытуемых. Разли-

чия между долями студентов с повышенным риском снижения функциональных резервов сердца в рассматриваемых половозрастных группах оказались статистически недостоверными ($p > 0,05$ по критерию χ^2): 42% юношей против 39% девушек среди 16–18-летних и 36% юношей против 44% девушек среди 19–22-летних испытуемых.

Сравнительный анализ параметров ВСР у студентов с нормальным и сниженным ПВНР (табл. 3) выявил достоверные различия в значениях статистических и диагностических параметров кардиоритмограмм. У студентов с низким ПВНР обнаружены более высокие значения ЧСС, а также индекса напряжения (ИН), который у них был на 48,2% выше, чем у лиц с высоким и средним ПВНР.

Проведенный корреляционный анализ выявил как положительные, так и отрицательные связи ПВНР с параметрами ВСР. Установлено, что наиболее сильные положительные связи в покое и при физической нагрузке ПВНР имеет с SDNN

Таблица 2

Показатели ВСР у студентов после физической нагрузки

Показатель	16–18 лет		19–22 года	
	юноши	девушки	юноши	девушки
ЧСС в минуту	117,09±2,51**	119,46±2,16**	118,35±2,02**	117,99±1,69**
SDNN, мс	125,39±35,80**	125,74±37,81**	126,52±42,50**	124,68±48,59**
RMSSD, мс	56,64±23,33**	58,64±21,33	58,79±26,82**	59,94±26,73**
pNN50, %	15,03±11,99*	17,60±12,08**	16,63±12,58	20,68±13,62**
СИМ, у. е.	3,30±3,13	2,88±1,84	4,04±3,55**	2,53±1,75**.#
ПАР, у. е.	20,09±5,69**	19,48±4,29**	19,98±5,79**	19,95±5,76**
ИН, у. е.	102,88±82,63	94,76±57,66	94,69±67,73	88,17±56,61
VLF, мс ²	40 513,24±19 066,95**	40 326,88±20 331,93**	43 909,83±26 700,86**	39 225,44±26 887,76**
LF, мс ²	6215,15±6008,08**	6175,83±4724,93	7138,50±5555,93	6829,96±7272,85*
HF, мс ²	3024,24±2841,82*	4383,12±4546,13	3883,88±3755,85*	4231,91±5453,68
Total, мс ²	49 752,61±22 060,94**	50 885,74±22 945,23**	54 932,29±28 942,11**	50 287,38±30 802,99**
LF/HF	2,83±2,28	2,32±1,76	2,77±1,98*	2,52±1,98*

Примечание. * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$ (статистически значимые различия с покоем); # – $p < 0,05$ (статистически значимые различия между юношами и девушками).

Таблица 3

Различия в параметрах ВСП у студентов с нормальными и низкими значениями ПВНР

Показатель	ПВНР		p
	≥ 2,2 (59% испытуемых)	< 2,2 (41% испытуемых)	
ЧСС в минуту	74,22±10,23	81,01±8,14	< 0,001
SDNN, мс	76,98±26,40	59,43±16,54	< 0,001
RMSSD, мс	54,94±20,43	43,70±17,37	0,006
pNN50, %	23,43±15,22	16,35±13,15	0,021
СИМ, у. е.	2,06±1,78	3,14±2,42	0,010
ПАР, у. е.	16,70±4,55	14,08±4,30	0,008
ИН, у. е.	69,41±38,74	102,89±60,58	0,002
VLF, мс ²	5157,24±4993,62	3661,11±3064,04	0,089
LF, мс ²	5387,00±4346,55	4121,35±2897,32	0,087
HF, мс ²	3175,83±3633,47	2323,84±2284,17	0,513
Total, мс ²	13 720,07±8673,25	10 106,22±6772,99	0,046
LF norm, %	65,35±16,60	63,70±16,29	0,523
HF norm, %	34,65±16,60	36,30±16,29	0,523
LF/HF	2,97±2,75	2,74±2,66	0,417

($r = 0,387$ и $r = 0,482$, $p < 0,001$), RMSSD ($r = 0,408$ и $r = 0,294$, $p < 0,001$) и pNN50 ($r = 0,408$ и $r = 0,493$, $p < 0,001$), а отрицательные – с ЧСС ($r = -0,503$ и $r = -0,559$, $p < 0,001$) и ИН ($r = -0,429$ и $r = -0,558$, $p < 0,001$). Эти корреляции в дальнейшем были учтены при построении логистической регрессионной модели для предсказания функционального состояния сердца.

В качестве потенциальных предикторов, или предсказывающих признаков, были выбраны показатели ВСП, продемонстрировавшие статистически значимые различия по полу и возрасту, для которых были рассчитаны экспоненциальные коэффициенты регрессии, трактуемые как отношения шансов (ОШ) и их 95% доверительные интервалы (95% ДИ) (табл. 4). Для упрощения анализа результатов проводилась корректировка на шаг 10, т. е. в таблице показано, как изменятся шансы высокого ПВНР при увеличении значений предикторов на 10 ед. Поскольку два из рассмотренных показателя – ЧСС и ИН – имели наиболее высокие отрицательные корреляции с ПВНР, для них был произведен перерасчет ОШ на шаговое уменьшение.

Моделирование пошаговым способом показало, что основным предиктором высокого ПВНР является SDNN, для которого ОШ при увеличении на 10 мс составило 1,66 (1,24–2,22). Прогностическое значение показателя SDNN подтвердилось

Предикторы высокого значения ПВНР

Показатель	Шаг и направленность	ОШ (95% ДИ)	p
SDNN, мс	Повышение на 10	1,66 (1,24–2,22)	0,001
pNN50, %	Повышение на 10	1,43 (1,04–1,98)	0,028
RMSSD, мс	Повышение на 10	1,39 (1,08–1,78)	0,011
ЧСС, уд/мин	Снижение на 10	2,30 (3,88–1,37)	0,002
ИН, у. е.	Снижение на 10	1,15 (1,27–1,05)	0,004

Таблица 5

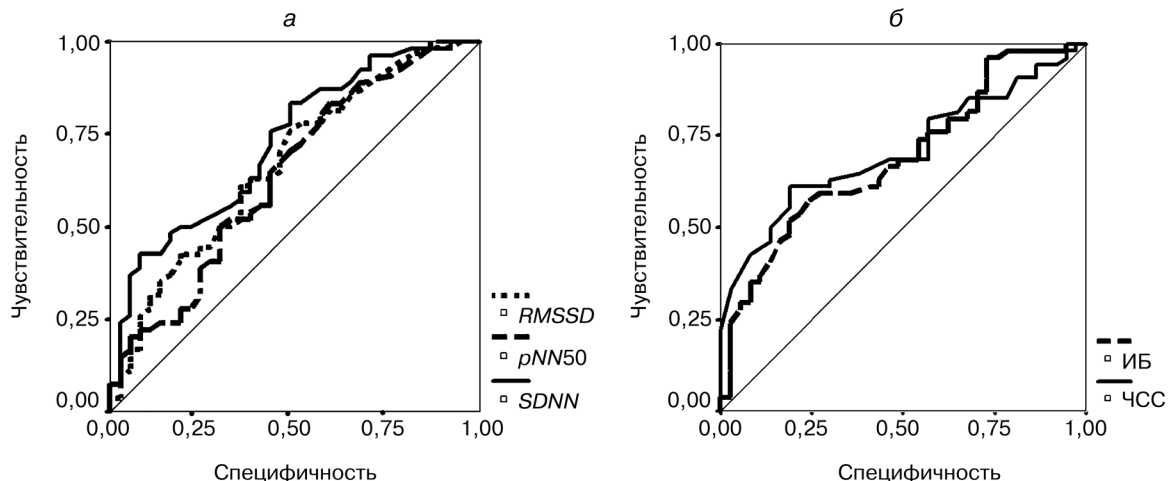
Показатели качества прогноза восстановления ритма сердца по параметрам ВСП в состоянии покоя

Показатель	Площадь под ROC-кривой	p	Точка разделения (cut-off)	Чувствительность, %	Специфичность, %
SDNN ^a	0,73±0,05	< 0,001	70	50	78
pNN50 ^a	0,64±0,06	0,021	23,5	50	70
RMSSD ^a	0,67±0,06	0,006	44	63	62
ЧСС ^b	0,71±0,05	< 0,001	75	78	61
ИН ^b	0,69±0,06	0,002	74	57	63

Примечание. ^a – значение в покое, превышающее cut-off, предсказывает высокий ПВНР; ^b – значение в покое более cut-off предсказывает низкий ПВНР.

ROC-кривыми, построенными для значений выбранных предикторов (см. рисунок), а также показателями качества прогноза восстановления ритма сердца по этим предикторам в состоянии покоя (табл. 5).

Как видно из рисунка и табл. 5, наибольшая площадь под ROC-кривой характерна для такого параметра ВСП, как SDNN, что позволяет именно его считать наиболее информативным в плане прогноза эффективного восстановления ритма сердца в нагрузочной пробе. В табл. 5 приведены также рассчитанные по ROC-кривым показатели чувствительности и специфичности некоторых параметров ВСП. Выявлено, что наибольшей специфичностью обладает SDNN, а наиболее чувствительным тестом является определение ЧСС в покое. Следует отметить, что хотя величину ПВНР и возможно предсказать по описанным выше параметрам ВСП в состоянии покоя, качество распознавания ПВНР является умеренным (площадь под графиком ROC-кривой для различных показателей ВСП в диапазоне 0,64–0,73), что указывает на необходимость использования в подобных исследованиях специальных функциональных проб.



ROC-кривые прогноза быстрого восстановления кардиоритма после нагрузочной пробы по показателям ВСП с прямым (а) и обратным (б) влиянием на ПВНР.

Обсуждение

В ходе исследования показано наличие возрастных и гендерных особенностей в параметрах ВСР у студентов в покое и при выполнении дозированной физической нагрузки. В первую очередь обращает на себя внимание наличие достоверных различий в спектральных параметрах ВСР у студентов разного пола в возрасте 19–22 лет в покое. Так, для юношей характерно доминирование VLF- и LF-компонентов общей спектральной мощности кардиоритма, что может быть обусловлено сохранением у них адренергического гомеостаза к завершению постпубертатного возраста [14] и более высоким уровнем функционального напряжения миокарда. Последнее, вероятно, связано с более активной гормональной регуляцией метаболизма у юношей с участием андрогенов [5]. Кроме того, увеличение доли симпатических влияний к окончанию юношеского возраста может быть результатом нарушений вегетативной регуляции, начавшихся еще в подростковом периоде. Что касается студенток, то у них с возрастом нарастала HF-составляющая спектра кардиоритма, что свидетельствует об изменении вегетативного баланса у девушек к 20–22 годам за счет некоторого усиления парасимпатического тонуса. Высокий уровень парасимпатической модуляции ВСР у студенток отмечен также в работе [15], авторы которой связывают данный эффект с более ранним созреванием кардиопротективных механизмов у женщин по сравнению с мужчинами. Значимая парасимпатическая составляющая вегетативной регуляции кардиоритма в покое и исходно низкая ЧСС способствуют оптимальной реакции на нагрузочную пробу, что совпадает с данными других авторов [16] и позволяет рассматривать определение ЧСС как обязательный этап оценки адаптационного потенциала организма.

При выполнении нагрузочной пробы у студентов независимо от пола и возраста менялись практически все показатели ВСР. Нагрузка сопровождалась активацией адренергического фона, однако значимое повышение показателя СИМ было характерно только для студентов старшего возраста, причем для юношей в большей мере, чем для девушек. Отсутствие статистически значимых гендерных различий в изменениях СИМ у студентов 16–18 лет может быть связано с одинаковой степенью активации нейрогуморального контура регуляции кровообращения в условиях мышечной деятельности у юношей и девушек данного возраста. Отмеченные у студентов половозрастные различия в механизмах вегетативной регуляции сердечной деятельности согласуются с мнением о том, что в разные периоды онтогенеза человека сердечно-сосудистая система оказывает неоднозначные лимитирующие влияния на приспособительные реакции организма к внешним факторам [5, 11, 14]. В пользу такого заключения свидетельствуют также факт снижения индекса вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) у юношей-старшекурсников на 38,4% ($p < 0,05$) после выполнения нагрузочной пробы, указывающий на усиление вагусных влияний на сердечный ритм [6, 17], и повышение LF/HF на 34,0% ($p < 0,05$) у студенток старших курсов при физической нагрузке.

Сопоставление параметров ВСР в покое и при нагрузке позволяет сделать заключение о том, что возрастной интервал от 17 до 22 лет как у юношей, так и у девушек является периодом становления механизмов, определяющих индивидуальные особенности формирования резервных возможностей организма, для оценки которых нами предложен показатель ПВНР. Установлено, что на старших курсах университета в группе юношей формируется тенденция к уменьшению количества лиц с низким ПВНР, в то время как число девушек с низким ПВНР, напротив, возрастает. На наш взгляд, это может быть связано с факторами социального характера, и в частности с тем, что в студенческой среде более выраженная мотивация в отношении занятий физической культурой и спортом присуща молодым мужчинам.

Важно отметить наличие наиболее тесной положительной корреляции ПВНР в постнагрузочный период с таким параметром ВСР, как SDNN, что отражает эффект парасимпатической реактивации после кардиореспираторной нагрузки [18] и дает основание рекомендовать SDNN в качестве предиктора способности сердца к восстановлению исходного уровня активности. Полученные данные позволяют заключить, что студенты, имеющие достаточно высокие значения SDNN, т. е. сильное пара-

симпатическое влияние на ЧСС, отличаются высокой скоростью восстановления сердечного ритма.

Характеризуя прогностическое значение ПВНР, следует указать, что ранее уже отмечалась целесообразность использования этого показателя для оценки адаптационного резерва сердечно-сосудистой системы, но только у лиц с хронической сердечной недостаточностью [19]. Результаты нашей работы убедительно демонстрируют эффективность применения ПВНР в практике выявления групп повышенного риска функциональных нарушений сердечно-сосудистой системы из числа относительно здоровых молодых людей.

Выводы

1. У студентов разного пола в интервале от 16–18 до 19–22 лет происходит смена характера вегетативной регуляции кардиоритма.
2. Оптимальная реакция сердца на нагрузочную пробу наблюдается при низких исходных значениях ЧСС и преобладании парасимпатической составляющей вегетативной регуляции кардиоритма в покое.
3. Для оценки функционального резерва сердечно-сосудистой системы методом кардиоинтервалографии рекомендуется расчет ПВНР, а для эффективного прогнозирования скорости восстановления ритма сердца после нагрузочных проб – анализ SDNN.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (пп. 4, 10, 15, 16, 18 см. References)

1. Баранов А.А., Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Рапопорт И.К. Значение здоровья подростков в формировании их гармоничного развития. *Гигиена и санитария*. 2015; 94 (6): 58–62.
2. Белов В.Б., Роговина А.Г. Основные медико-демографические показатели здоровья населения России к 2013 г. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2014; (6): 18–22.
3. Шилова М.А., Мамедов М.Н. Внезапная сердечная смерть лиц молодого возраста: факторы риска, причины, морфологические эквиваленты. *Кардиология*. 2015; (7): 78–83.
5. Нифонтова О.Л. Возрастная изменчивость электрической активности сердца жителей Югры (студентов 17–20-ти лет). *Вестник Сургутского государственного педагогического университета*. 2014; (3): 11–7.
6. Баевский, Р.М., Иванов, Г.Г., Чирейкин, Л.В., Гаврилушкин А.П., Довгалецкий П.Я., Кукушкин Ю.А. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1). *Вестник аритмологии*. 2002; (24): 65–86.
7. Демин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В. Роль фонового тиреоидного статуса в изменении ЭЭГ подростков при биоуправлении параметрами сердечного ритма. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2011; 97 (11): 1262–9.
8. Койчубеков Б.К., Сорокина М.А., Коршуков И.В. Механизмы нелинейной динамики сердечного ритма. Влияние вегетативной нервной системы. *Успехи современного естествознания*. 2013; (4): 42–6.
9. Михайлова Л.А. Вариабельность сердечного ритма у юношей-подростков с различным типом вегетативной реактивности. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. 2015; (2): 27–30.
11. Еськов ВВ, Филатова ОЕ., Гавриленко Т.В., Химикова О.И. Прогнозирование долгожительства у российской народности ханты по хаотической динамике параметров сердечно-сосудистой системы. *Экология человека*. 2014; (11): 3–8.
12. Калакутский Л.И., Конюхов В.Н. Система мониторинга показателей ритма сердца. *Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение*. 2002; 1 (1): 84–90.
13. Лебедев П.А., Конюхов В.Н., Калакутский Л.И., Комарова М.В., Поваляева Р.А. Способ оценки функционального резерва сердечно-сосудистой системы. Патент РФ № 2427315; 2011.
14. Щербак А.Э., Говорухина А.А. Возрастные особенности кардиоваскулярных реакций учащающихся и студентов ХМАО-Югры. *Вестник Сургутского государственного педагогического университета*. 2015; (1): 224–9.
17. Хаспекова Н.Б. Диагностическая информативность мониторинга вариабельности сердечного ритма. *Вестник аритмологии*. 2003; (32): 15–23.
19. Поваляева Р.А. Функциональный резерв сердечно-сосудистой системы и вазорегулирующая функция эндотелия у больных с хронической сердечной недостаточностью. *Аспирантский вестник Поволжья*. 2010; (3–4): 65–70.

References

1. Baranov A.A., Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Rapoport I.K. The value of the health of adolescents in shaping their harmonious development. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94 (6): 58–62. (in Russian)
2. Belov V.B., Rogovina A.G. The basic medical demographic indicators of population health of Russia up to 2013. *Problemy sotsial'noy gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*. 2014; (6): 18–22. (in Russian)
3. Shilova M.A., Mamedov M.N. Sudden cardiac death of young persons: risk factors, causes, morphological equivalents. *Kardiologiya*. 2015; (7): 78–83. (in Russian)
4. Lai H.L., Ward R., Bolin P. Cardiovascular health of North Carolina undergraduates. *N. C. Med. J.* 2015; 76 (5): 286–92.
5. Nifontova O.L. The age variability of heart electrical activity of 17–20-year-old yugorian students. *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 2014; (3): 11–7. (in Russian)
6. Baevskiy, R.M., Ivanov, G.G., Chireykin, L.V., Gavrilushkin A.P., Dovgalevskiy P.Ya., Kukushkin Yu.A. et al. The analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems (part 1). *Vestnik aritmologii*. 2002; (24): 65–86. (in Russian)
7. Demin D.B., Poskotinova L.V., Krivonogova E.V. Thyroid effect on brain activity in adolescents during heart rhythm biofeedback session. *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2011; 97 (11): 1262–9. (in Russian)
8. Koychubekov B.K., Sorokina M.A., Korshukov I.V. Mechanisms of heart rate nonlinear dynamics. Impact of vegetative nervous system. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2013; (4): 42–6. (in Russian)
9. Mikhaylova L.A. Heart rate variability in male teenagers with different types of vegetative reactivity. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*. 2015; (2): 27–30. (in Russian)
10. Alfred Z. Brief assessment of supine heart rate variability in normal weight, overweight, and obese females. *Ann. Noninvasive Electrocardiol.* 2014; 19 (3): 241–6.
11. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V., Khimikova O.I. Prediction of khanty people life expectancy according to chaotic dynamics of their cardiovascular system parameters. *Ekologiya cheloveka*. 2014; (11): 3–8. (in Russian)
12. Kalakutskiy L.I., Konyukhov V.N. Monitoring system of heart rate indices. *Vestnik Samarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashinostroenie*. 2002; 1 (1): 84–90. (in Russian)
13. Lebedev P.A., Konyukhov V.N., Kalakutskiy L.I., Komarova M.V., Povalyaeva R.A. A method of evaluating the functional reserve of the cardiovascular system. Patent RF № 2427315; 2011. (in Russian)
14. Shcherbakova A.E., Govorukhina A.A. Cardiovascular reactions age features of pupils and students living in Khanty-mansi autonomous region – Yugra. *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 2015; (1): 224–9. (in Russian)
15. Sookan T., McKune A.J. Heart rate variability in physically active individuals: reliability and gender characteristics. *Cardiovasc. J. Afr.* 2012; 23 (2): 67–72.
16. Danieli A., Lusa L., Potočnik N., Meglič B., Grad A., Bajrović F.F. Resting heart rate variability and heart rate recovery after submaximal exercise. *Clin. Auton. Res.* 2014; 24 (2): 53–61.
17. Khaspekova N.B. Diagnostic Informative monitoring of heart rate variability. *Vestnik aritmologii*. 2003; (32): 15–23. (in Russian)
18. Cunha F.A., Midgley A.W., Goncalves T., Soares P.P., Farinatti P. Parasympathetic reactivation after maximal CPET depends on exercise modality and resting vagal activity in healthy men. *Springerplus*. 2015; 4: 100.
19. Povalyaeva R.A. The functional capacity of the cardiovascular system and endothelial vasodilator function in patients with chronic cardiac insufficiency. *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya*. 2010; (3–4): 65–70. (in Russian)

Поступила 10.05.16

Принята к печати 04.10.16

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 613.95:616-092.11-02

Лучанинова В.Н.¹, Цветкова М.М.², Веремчук Л.В.³, Крукович Е.В.², Мостовая И.Д.²**СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЕГО ФОРМИРОВАНИЕ**¹ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург;²ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Минздрава России, 690002, Владивосток;³Владивостокский филиал ФГБНУ «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – НИИ медицинской климатологии и восстановительного лечения, 690105, Владивосток

Представлены результаты одномоментного исследования по изучению состояния здоровья детей и подростков в зависимости от территории проживания и биологических факторов, формирующих и определяющих здоровье в онтогенезе. Обследованы 626 детей и подростков в возрасте от 4 до 17 лет, проживающих в трех основных биоклиматических зонах Приморского края. Проведена комплексная оценка здоровья в каждой возрастной группе (дошкольники, дети среднего школьного возраста, старшеклассники) в зависимости от района проживания. Посредством факторного анализа, направленного на сокращение числа переменных (редукцию данных) и определение структуры взаимосвязей между переменными, из большой массы (73) исходных показателей выделены факторы, характеризующие особенности формирования здоровья детей и подростков в определенных климатических условиях в процессе роста и развития в онтогенезе. После итерации собственных значений отобраны и ранжированы по силе влияния факторные нагрузки с коэффициентом более 0,5. Выявлено, что уровень здоровья у дошкольников определяется пре- и постнатальными факторами, а у школьников среднего и особенно старшего возраста увеличивается роль уровня физического развития и параметров функционирования важнейших органов и систем, находящихся под регулирующим нейроэндокринным влиянием. При этом показатели данных факторов в разных биоклиматических зонах Приморья достоверно различаются.

Ключевые слова: дети и подростки; здоровье; биологические факторы; климатические особенности окружающей среды.

Для цитирования: Лучанинова В.Н., Цветкова М.М., Веремчук Л.В., Крукович Е.В., Мостовая И.Д. Состояние здоровья детей и подростков и факторы, влияющие на его формирование. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(6): 561–568. DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-6-561-568>

Для корреспонденции: Лучанинова Валентина Николаевна, д-р мед. наук, проф., проф. каф. педиатрии и детской кардиологии ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург. E-mail: lvaln@mail.ru