

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

И. В. Аверьянова

ПЕРЕСТРОЙКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ И КАРДИОРИТМА В ОТВЕТ НА АКТИВНУЮ ОРТОСТАТИЧЕСКУЮ ПРОБУ У ЮНОШЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ СУБЪЕКТАХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА РОССИИ

DOI 10.25789/YMJ.2019.66.01

УДК 612.017.2:613.13

Целью данного исследования явилось изучение у юношей 17–19 лет перестройки показателей сердечно-сосудистой системы, гемодинамики и кардиоритма в ответ на активную ортостатическую пробу. Проведенные исследования показали, что перестройка сердечно-сосудистой системы и параметров кардиоритма при срочной адаптации у лиц различных субъектов Дальневосточного региона имеет ряд отличий.

Ключевые слова: юноши Северо-Востока России, сердечно-сосудистая система, показатели кардиоритма, активная ортостатическая проба.

The **purpose** of this research was to study in the young men aged 17–19 the restructuring of the cardiovascular system, hemodynamics and heart rate in response to an active orthostatic test. The conducted studies have shown that at the prompt adaptation the reorganization of the cardiovascular system and the indicators of the heart rate differs in persons living in different districts of the Far Eastern region.

Keywords: young male residents of the North-East of Russia, cardiovascular system, heart rate indicators, active orthostatic test.

Введение. Активная ортостатическая проба (АОП), являясь способом воздействия на венозный возврат крови к сердцу, позволяет изучать компенсаторные гемодинамические и вегетативные сдвиги и, тем самым, судить о функции системы кровообращения в целом [5]. Ортостатическое напряжение вызывает последовательные компенсаторные сердечно-сосудистые реакции для поддержания гомеостаза, при этом симпатическая нервная система, парасимпатическая нервная система и механизмы барорефлекса играют важную роль в этом гомеостатическом ответе [17]. При резком перемещении тела из положения лежа в положение стоя, вследствие действия гравитационных сил и большего венозного комплаенса, в нижней части тела остается больший объем крови, что приводит к снижению венозного возврата и разгрузке артериальных барорецепторов. В результате увеличивается симпатическая активация как самого сердца, так и гладкомышечных клеток сосудов, а также происходит значительное снижение парасимпатической активности, что в свою очередь вызывает компенсаторные изменения в сердечном ритме и уровне артериального давления (АД) [16]. В связи со сказанным, **целью** данной работы явилось изучение перестроек показате-

телей гемодинамики и кардиоритма в ответ на активную ортостатическую пробу (АОП) у юношей вагонормотоников из числа европеоидов, проживающих в приморской природно-климатической зоне в двух субъектах Дальневосточного региона – Магаданской области и Чукотском автономном округе.

Материал и методы исследования. В исследованиях приняли участие 69 юношей в возрасте от 17 до 19 лет ($18,1 \pm 0,1$ года) со средней массой тела $68,2 \pm 0,4$ кг и длиной тела $177,8 \pm 0,2$ см, являющихся студентами Северо-Восточного государственного университета (г. Магадан), и 43 юноши в возрасте от 17 до 19 лет ($18,3 \pm 0,2$ года) со средней массой тела $67,8 \pm 0,5$ кг и длиной тела $178,1 \pm 0,3$ см, являющихся учащимися образовательных учреждений Чукотского автономного округа (г. Анадырь). У обследуемых непрерывно в течение 5 мин в состоянии покоя – лежа (фон) – и 5 мин стоя (ортостаз) проводили запись кардиоинтервалограммы. Запись производилась с помощью прибора «Варикард» и программного обеспечения VARICARD-KARDi [8] с учетом методических рекомендаций группы российских экспертов [1]. Общая суммарная мощность спектра вариабельности сердечного ритма (TP (Total Power)) рассчитывалась без учета ультранизкочастотной составляющей (ULF), исходя из требований корректности применения анализа коротких временных рядов, с использованием метода преобразования Фурье [4]. В дальнейшем

анализировались следующие показатели ВСП: мода (Mo, мс) – наиболее часто встречающееся значение R-R интервала; разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов (MxDMn, мс); число пар кардиоинтервалов с разницей более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов (pNN50, %); стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (SDNN, мс); амплитуда моды при ширине класса 50 мс (AMo50, мс); индекс напряжения регуляторных систем (SI, усл. ед.); суммарная мощность спектра сердечного ритма (TP, мс²), мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности сердечного ритма в диапазоне 0,4–0,15 гц (дыхательные волны) (HF, мс²); мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности сердечного ритма в диапазоне 0,15–0,04 гц (LF, мс²); мощность спектра очень низкочастотного компонента вариабельности ритма сердца в диапазоне 0,04–0,015 гц (VLF, мс²). При этом период первой минуты «активного ортостаза» из представленных ниже результатов исключен, так как представляет ярко выраженный переходный процесс, анализ которого не входил в задачи нашего исследования.

Показатели АД регистрировались автоматическим тонометром «Nessei DS-1862» (Япония) в состоянии покоя (лежа) и на 1-й мин после перехода в вертикальное положение. На каждом этапе эксперимента расчётным путём определяли ударный объём по Старру (УО, мл), минутный объём кровообра-

щения (МОК, мл/мин), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, $\text{дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-6}$) [13].

Исходный тип вегетативной регуляции определяли в состоянии покоя на основании значений следующих показателей: MxDMn, SI, TP, где диапазон эйтонии (нормотонии) для MxDMn мы учитывали равным от 200 до 300 мс, для SI – от 70 до 140 усл. ед., для TP – от 1000 до 2000 мс² [9]. Если исследуемые показатели MxDMn и TP находились ниже данных диапазонов, то вегетативный баланс был оценен как симпатотонический, при повышении величин данного коридора – как ваготонический. Напротив, относительно показателей SI, при повышении его значений более 140 усл. ед. (с учетом 2 других показателей) вегетативный баланс оценивался как с симпатикотонической направленностью, а понижение менее 70 усл. ед. – с ваготонической. В связи с немногочисленностью в выборке симпатотоников, функциональные показатели юношей данного типа в этой серии исследований не анализировались. В выборку для статистического анализа включались лица с вагонормотоническим типом вегетативной регуляции.

Все обследования проводились в помещении с комфортной температурой 19-21 °С, в первой половине дня. Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинской Декларации. Протокол исследования был одобрен этическим комитетом медико-биологических исследований при СВНЦ ДВО РАН (№ 004/013 от

10.12.2013). До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Результаты подвергнуты статистической обработке с применением пакета прикладных программ «Statistica 7.0» Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась на основе теста Шапиро-Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха в виде 25 и 75 процентилей, а параметрических – как среднее значение и его ошибка ($M \pm m$). В случае сравнения связанных выборок статистическая значимость различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок с нормальным распределением и непараметрического критерия Уилконсона для выборок с распределением, отличающимся от нормального. При сравнении несвязанных выборок статистическая значимость различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок с параметрическим распределением и непараметрического критерия Манна-Уитни для выборок с ненормальным распределением. Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным или меньше 0,05 [3].

Результаты и обсуждение. Известно, что уровень артериального давления относится к основным индикаторам функционального состояния сердечно-сосудистой системы, а под-

держание его оптимальной величины обеспечивается сложной совокупностью нейрогуморальных процессов, объединенных сетью взаимосвязей, оценка индивидуального вклада которых в общую структуру регуляторных механизмов весьма затруднена [7]. В табл.1 представлены основные показатели сердечно-сосудистой системы в состоянии покоя и в процессе выполнения активной ортостатической пробы у юношей европеоидов различных субъектов Дальневосточного региона. Как указывают данные таблицы, юноши ЧАО и МО имеют различия по основным характеристикам гемодинамики в состоянии покоя, что проявляется статистически значимо более низкими показателями систолического и диастолического артериального давления, а также общего периферического сопротивления сосудов в группе европеоидов г. Анадыря, что в целом может указывать на формирование особенностей функционирования сердечно-сосудистой системы в зависимости от региона проживания. В ответ на АОП у юношей двух групп отмечается статистически значимое повышение ДАД и ЧСС на фоне снижения ударного объема крови, при этом степень их изменения в большей степени была отмечена в группе анадырцев. Необходимо отметить различный характер ответных реакций на пробу показателей МОК и ОПСС у представителей двух групп. Так, в группе магаданских юношей было отмечено статистически значимое увеличение минутного объема кровообращения на фоне неиз-

Таблица 1

Показатели сердечно-сосудистой системы у юношей ДВО в состоянии покоя (фона) и в процессе активной ортостатической пробы (АОП), $M \pm m$

Исследуемый показатель	Магаданская область (МО)			Чукотский автономный округ (ЧАО)			Уровень значимости различий фон МО – фон ЧАО	Уровень значимости различий АОП МО – АОП ЧАО
	Этап эксперимента		Уровень значимости различий фон – АОП	Этап эксперимента		Уровень значимости различий фон – АОП		
	показатель в состоянии покоя (лежа)	АОП		показатель в состоянии покоя (лежа)	АОП			
САД, мм рт. ст.	123,9±1,0	125,7±1,7	p=0,17	118,9±2,0	118,5±2,2	p=0,75	p<0,05	p<0,01
ДАД, мм рт.ст.	64,4±0,9	76,6±0,9	p<0,001	61,4±1,2	76,7±1,2	p<0,001	p<0,05	p=0,94
ЧСС, уд./мин	65,2±1,2	84,0±2,2	p<0,001	65,8±1,8	85,4±2,3	p<0,001	p=1,00	p=0,66
УО, мл	81,0±1,1	68,5±1,1	p<0,001	81,0±1,1	64,5±1,3	p<0,001	p=0,58	p<0,05
МОК, мл/мин	5263,4±105,7	5721,4±163,7	p=0,07	5362,9±167,3	5490,7±167,3	p=0,38	p=0,61	p=0,69
ОПСС, $\text{дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-6}$	1420,8±36,4	1430,7±42,1	p=0,30	1311,9±41,0	1419,0±53,2	p<0,05	p<0,05	p=0,+86

Таблица 2

Показатели вариабельности сердечного ритма в состоянии покоя и при АОП у юношей вагонормотоников из числа европеоидов, проживающих на территории ДВО, Me (25; 75-процентиль)

Изучаемый показатель	Магаданская область (МО)		Чукотский автономный округ (ЧАО)		Уровень значимости различий АОП MO – АОП ЧАО		
	Этап эксперимента		Этап эксперимента			Уровень значимости различий фон – АОП	
	показатель в состоянии покоя (лежа)	АОП	показатель в состоянии покоя (лежа)	АОП			
MxDMn, мс	330,4 (263,0;400,1)	280,6 (225,7;379,4)	370,0 (246,3;416,3)	228,0 (178,8;274,8)	p<0,001	Уровень значимости различий фон MO – фон ЧАО	p<0,01
RMSSD, мс	54,0 (38,5;63,4)	24,7 (16,6; 39,9)	60,1 (937,0; 82,5)	21,4 (16,3;28,9)	p<0,001	p=0,21	p=0,14
pNN50, %	30,0 (16,3;44,6)	4,5 (1,3;15,8)	37,7(11,6;55,2)	3,2 (1,0;7,6)	p<0,001	p=0,23	p=0,20
SDNN, мс	59,8 (45,9;71,2)	47,3 (36,9; 64,0)	70,6 (47,5;83,7)	48,9 (36,5;55,7)	p<0,001	p=0,13	p=0,59
Mo, мс	922,3 (824,4; 980,7)	631,8 (580,2; 724,2)	916,5 (772,0;997,5)	650,0 (606,0;691,3)	p<0,001	p=0,48	p=0,75
AMo50, мс	36,0 (28,1; 42,6)	45,4 (37,3; 51,7)	28,7 (23,3;44,0)	47,3 (39,5;57,9)	p<0,001	p=0,20	p=0,12
SI, усл. ед.	58,8 (37,6; 90,4)	122,7 (66,3; 182,8)	40,0 (30,4;127,2)	139,7 (100,0;263,8)	p<0,001	p=0,49	p<0,05
TP, мс ²	2816,2 (1810,6; 4373,7)	1832,0 (1063,0; 3560,1)	3697,7 (1615,0;4103,0)	1685,3 (930,8;2163,3)	p<0,001	p<0,05	p=0,17
HF, мс ²	921,3 (613,6; 1519,0)	231,9 (107,7; 454,2)	1244,3 (510,1,2 463,3)	224,3 (115,8;304,9)	p<0,001	p<0,05	p=0,56
LF, мс ²	950,0 (647,3; 1325,5)	899,5 (504,6; 1714,3)	1346,8 (633,8;1 677,7)	1003,8 (423,7;1361,0)	p<0,05	p<0,05	p=0,65
VLF, мс ²	395,6 (249,9; 711,7)	291,6 (187,6; 686,0)	715,3 (355,1;1086,1)	321,1 (196,1;473,6)	p<0,001	p<0,05	p=0,81
LF/HF, усл. ед.	1,0 (0,6;1,6)	4,6 (2,8;7,6)	1,2 (0,6;1,5)	4,7 (3,2;6,4)	p<0,001	p=0,98	p=0,96
IC, усл. ед.	1,5 (1,0; 2,3)	6,8 (3,8;10,6)	1,5 (1,1;2,3)	6,6 (5,0;8,3)	p<0,001	p=0,63	p=0,99

менных значений ОПСС, тогда как в группе анадырских обследуемых, напротив – в ответ на АОП отмечалось увеличение ОПСС с сохранением фоновых величин МОК.

Проведенные исследования выявили наличие повышения диастолического артериального давления в ответ на АОП. Механизмы, лежащие в основе ортостатической гипертензии, остаются плохо понимаемыми. D.H. Streeten с соавт. обнаружил у обследуемых с ортостатической гипертензией чрезмерное скопление венозной крови в нижних конечностях и высокий уровень в крови норадреналина в положении стоя [22]. Это, по-видимому, связано с тем, что выраженное венозное депонирование приводит к значительному снижению сердечного выброса с дальнейшей симпатотактивацией (возможно, обусловленной реакцией кардиопульмональных рецепторов) и чрезмерной констрикцией артериол, но не венул, и повышением диастолического АД. Более высокий уровень норадреналина и вазопрессина в положении стоя у лиц с ортостатической гипертензией по сравнению с ортостатически нормотензивными испытуемыми также был отмечен в исследованиях K. Kario с соавт. [18, 19].

Несмотря на то, что вектор общей направленности гемодинамических сдвигов в ответ на АОП у обследуемых двух групп был сходен относительно АД и ЧСС, мы отметили различные механизмы поддержания уровня артериального давления. Так, уменьшение венозного возврата при переходе в положение стоя и как следствие этого снижение ударного объема кровообращения в меньшей степени было выражено в группе магаданцев. Менее значительное снижение ударного выброса в этой группе за счет увеличения ЧСС привело к значимому повышению минутного объема кровообращения, что не наблюдалось в группе анадырских юношей.

Анализ полученных частотных характеристик кардиоритма в ответ на ортостаз у обследуемых юношей с вагонормотоническим исходным типом вегетативной регуляции, проживающих в различных регионах ДВО, позволил установить уменьшение активности парасимпатического звена ВНС, что проявляется статистически значимым снижением MxDMn, RMSSD, pNN50, SDNN, Mo, при этом более выраженная степень снижения была зафиксирована в группе анадырских юношей (табл.2).

Анализ перестроек спектральных

характеристик кардиоритма у юношей двух групп выявил определенные различия в характере ответных реакций на ортостатическое тестирование. Полученные результаты свидетельствуют, что в ответ на пробу у юношей 2 групп происходит уменьшение высокочастотной компоненты сердечного ритма, однако снижение данной величины было чуть более выражено в группе анадырских юношей. Известно, что снижение парасимпатической активности во время ортостатической нагрузки позволяет обеспечить относительную симпатическую активацию. Этот вагальный «тормоз» необходим для того, чтобы организм мог эффективно отвечать возмущающим факторам окружающей среды, ввиду чего вагусный контроль сердца, проявляющийся в перестройках показателей ВСР, может не только отражать автономную и приспособительную «гибкость», но и свидетельствовать о соматорегуляторных возможностях организма в целом [14].

Указывается, что после перемещения в вертикальное положение и перераспределения кровотока афферентация от барорецепторных зон магистральных артерий уменьшается, снижается их ингибирующее влияние на вазомоторный центр ствола мозга, что приводит к увеличению симпатической активности и снижению эфферентного тонуса блуждающих нервов, при этом основной функцией симпатической нервной системы является поддержание адекватного кровообращения [10]. Необходимо отметить выраженный характер уменьшения высокочастотных колебаний (HF) кардиоритма в ответ на АОП, который в группе магаданцев достигал 74%, а в группе анадырцев 81%. В работе А.Н. Флейшмана [11-12] показано, что значительное, более чем на 50% от исходных значений в положении лежа, снижение показателя HF в ответ на ортостаз указывает на компенсаторный характер изменений и в свою очередь может свидетельствовать о нарушении адаптационных механизмов. Тогда как умеренное снижение данного показателя, в среднем на 30% от исходного уровня в положении лежа, является отражением уменьшения тонического влияния вагуса на сердце и обуславливает усиление хронотропной функции сердца. По-видимому, такое значительное снижение парасимпатической активности во время ортостатической нагрузки у юношей двух групп, в свете теории «акцентированного антагонизма» [20], направлено на обеспечение определенного уровня симпатической

активации, основной функцией которой и будет являться поддержание оптимального уровня кровообращения.

LF-частоты спектра кардиоритма в настоящее время принято рассматривать как активатор колебаний ритма артериального давления, реализуемого через барорефлекторные механизмы [6]. В группе юношей ЧАО, в отличие от представителей Магаданской области, в ответ на АОП было зафиксировано снижение LF-составляющей общего спектра кардиоритма, что в настоящее время рассматривается как проявление вегетативной недостаточности и может указывать на нарушение симпатической вазомоторной иннервации [12]. Исходя из вышесказанного, характер полученных изменений спектральных характеристик кардиоритма в группе анадырцев свидетельствует о снижении импульсации от барорецепторов (снижение LF) при ортостазе, которое в свою очередь уменьшает тормозное ваготоническое влияние на симпатическую активность и активизирует тонус симпатических сосудосуживающих волокон [15], что ведет к активации вазомоторного тонуса и проявляется выраженным увеличением диастолического АД и ОПСС. По-видимому, барорефлекторная регуляция активизирует симпатическую активность, в большей степени выраженную в группе анадырцев, что подтверждается более высокими значениями соотношения SI проба/SI фон, числовая величина которой составила 3,5 усл. ед. против 2,1 усл. ед. в группе магаданцев, что, исходя из рекомендаций Н.А. Белоконов и М.Б. Кубергер [2], необходимо интерпретировать как «гиперсимпатикотоническая реактивность» и «нормальная вегетативная реактивность» соответственно.

Динамика показателей спектрального анализа сердечного ритма в ответ на АОП VLF-компоненты сердечного ритма в группе анадырских юношей в отличие от группы магаданцев имела отрицательный характер со значительной степенью выраженности (на 55%), что может отражать наличие энергодефицитных процессов на тканевом уровне [12].

Заключение. Таким образом, выявленные нами межгрупповые различия в хронотропных, инотропных и вазомоторных ответных реакциях на ортостатический стресс обуславливают различную степень перестроек показателей гемодинамики. Более выраженное постнагрузочное снижение ударного объема крови в группе анадырских юношей, по-видимому, связанное с

депонированием крови в периферических венах и уменьшением венозного возврата, при несоответствующем, в связи с недостаточностью симпатической активации, повышении ЧСС приводит к неизменному нагрузочному МОК относительно показателя в состоянии покоя. Поддержание артериального давления на оптимальном уровне при снижении ударного объема должно быть компенсировано механизмами барорефлекса, что в свою очередь должно привести к увеличению общего периферического сопротивления (что наблюдалось в группе анадырцев), в противном случае артериальное давление снизится и может привести к синкопе [21]. В данном случае мы можем говорить о сосудистом механизме поддержания показателей гемодинамики в ответ на ортостатическую пробу у обследуемых этой выборки. В группе европеоидов магаданцев ввиду высоких фоновых значений ОПСС вазоконстрикторной реакции на АОП отмечено не было, при этом не столь значительное снижение УО на фоне нагрузочной тахикардии привело к значимому увеличению интегральной характеристики кровообращения – МОК. Исходя из этого, мы можем предположить о формировании циркуляционного механизма поддержания сердечно-сосудистого гомеостаза в ответ на АОП у представителей данной группы.

В целом у обследуемых нами юношей в момент перехода в вертикальное положение регистрировалось чрезмерное снижение холинергической HF-составляющей сердечного ритма, позволяющее усилить активность симпатической системы. Это в большей степени было выявлено в группе анадырских юношей и выражалось в более значительном увеличении диастолического АД, что на фоне снижения LF-компонента спектра сердечного ритма приводит к активации тонуса симпатических сосудосуживающих волокон [15] и проявляется выраженным увеличением диастолического АД и ОПСС.

Установлено, что паттерн перестроек характеристик варибельности сердечного ритма направлен на снижение тонического тормозного влияния парасимпатического звена вегетативной нервной системы, где срочные компенсаторные реакции реализуются посредством снижения MxDMn, RMSSD, pNN50, SDNN, Mo, TP, HF. Эти перестройки направлены на возможность сохранения симпатического преобладания на сосудистый тонус и сердце, а также на задействование барорецеп-

торной регуляции, что необходимо для реализации резервных возможностей сердечно-сосудистой системы.

Исходя из этого, можно предположить, что поддержание артериального давления при значительном снижении ударного объема у обследуемых анадырских европеоидов отчасти компенсируется барорефлекторными механизмами, что в свою очередь приводит к увеличению общего периферического сопротивления сосудов, а также снижению низкочастотной компоненты кардиоритма. Полученные в ходе работы данные дают основание сделать заключение, что вектор перестроек показателей кардиоритма в ответ на ортостатическую нагрузку заключается в активации симпатической активности, возникающей на фоне значительного снижения парасимпатического влияния с различной степенью задействования барорецепторной регуляции компенсаторных перестроек сердечно-сосудистой системы у представителей двух групп. Этот результат может рассматриваться как региональная особенность перестроек показателей гемодинамики и кардиоритма в ответ на ортостатический тест у представителей двух Дальневосточных регионов приморской природно-климатической зоны проживания.

Литература

1. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – Т. 24. – С. 65-83. <http://www.vestnik-aritmologii.ru/article.jsp?id=1267>
2. Белоконов Н.А. Болезни сердца и сосудов у детей: руководство для врачей / Н.А. Белоконов, М.Б. Кубергер. – М.: Медицина, 1987. – 448 с. http://patrick-book.ru/belokon_h_a_kuberger_m_b_bolezni
3. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. Боровиков. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с. <http://www.statosphere.ru/books-arch/statistica-books/bor-kat.html>
4. Витязев В.В. Анализ неравномерных временных рядов / В.В. Витязев. – СПб; СПбГУ, 2001. – 48 с. <http://bookre.org/reader?file=1501009>
5. Дзизинский А.А. Ортостатическая гипертония как маркер сердечно-сосудистого риска у больных артериальной гипертонией / А.А. Дзизинский, К.В. Протасов, С.Г. Куклин [и др.] // Лечащий врач. – 2009. – № 7. – С. 40-43. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18937608>
6. Караваев А.С. Фазовый и частотный захват 0.1 Гц колебаний в ритме сердца и барорефлекторной регуляции артериального давления дыханием с линейно меняющейся частотой у здоровых лиц / А.С. Караваев, А.Р. Киселев, В.И. Гриднев // Физиология человека. – 2013. – № 3. – С. 93-104. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19402628>
7. Кобалава Ж.Д. Артериальная гипертония в вопросах и ответах: справочник для врачей / Ж.Д. Кобалава, Ю.В. Котовская. – М.: Медицина, 2002. – 100 с.
8. Комплекс для анализа variability сердечного ритма «Варикард». – Рязань: ЮИМН, 2005. – 45 с
9. Максимов А.Л. Информативность показателей кардиогемодинамики и variability сердечного ритма у юношей с различным уровнем гипоксически-гиперкапнической устойчивостью / А.Л. Максимов, И.В. Аверьянова // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2014. – № 2. – С. 90-95. <https://elibrary.ru/item.asp?id=22368901>
10. Мартынов И.Д. Ранняя диагностика нарушений регуляции гемодинамики в ортостазе / И.Д. Мартынов // Бюл. Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2016. – Т. 1, № 5 (111). – С. 30-34. <https://elibrary.ru/item.asp?id=27193008>
11. Флейшман А.Н. Variability ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике / А.Н. Флейшман. – Новосибирск, 2009. – 194 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19551641>
12. Флейшман А.Н. Heart Rate Variability and Slow Hemodynamic Oscillations: Non-Linear Phenomena in Clinical Practice / А.Н. Флейшман. – Новосибирск, 2009. – 194 с.
13. Юрьев В.В. Рост и развитие ребенка / В.В. Юрьев, А.С. Симаходский, Н.Н. Воронович М.М. Хомич. – СПб: Питер, 2007. – 272 с. http://kingmed.info/knigi/Pediatrics/book_1809/Rost_i_razvitiye_rebenka-Yurev_VV_Simahodskiy_AS_Voronovich_NN-2000-djvu
14. Allen M. The relationships of resting baroreflex sensitivity, heart rate variability and measures of impulse control in children and adolescents / M. Allen, K. Matthews, K. Kenyon // Int J Psychophysiol. 2000. Vol. 37. P. 185-194. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(00\)00089-1](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(00)00089-1)
15. Berne R.M. Cardiovascular physiology / Berne R.M., Levy M.N. – Mosby-Year Book: Inc., St. Louis, 1997. – 323 p. <https://doi.org/10.1002/clc.4960210421>
16. Cooke W.H. Human responses to upright tilt: a window on central autonomic integration / W.H., Cooke, J.B., Hoag, A.A. Crossman [et al.] // J Physiol. – 1999. – V. 517. – P. 617-628. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1999.06171.x>
17. Freeman R. Assessment of cardiovascular autonomic function / R. Freeman // Clin Neurophysiol. – 2006. – Vol. 117. – P. 716-730 <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.09.027>
18. Kario K. Orthostatic hypertension: a measure of blood pressure variation for predicting cardiovascular risk / K. Kario // Circ. J. – 2009. – Vol. 73(6). – P. 1002. <https://doi.org/10.1253/circj.cj-09-0286>
19. Kario K. Orthostatic hypertension—a new haemodynamic cardiovascular risk factor / K. Kario // Nat. Rev. Nephrol. – 2013. – Vol. 9(12). – P. 726-738. <https://doi.org/10.1038/nrneph.2013.224>
20. Levy M.N. Neural control of cardiac function / M.N. Levy // Baillieres Clin. Neurol. – 1997. – V.6. – P. 227-244. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3855-0_4
21. Shoemaker J.K. Gender affects sympathetic and hemodynamic response to postural stress / J.K. Shoemaker, C.S. Hogeman, M. Khan [et al.] // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2001. – Vol. 281. – P. 2028-2035. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2001.281.5.h2028>
22. Streeten H. Orthostatic hypertension. Pathogenetic studies / H. Streeten, J.H. Auchincloss, G.H. Anderson [et al.] // Hypertension. – 1985. – Vol. 7(2). – P. 196-203. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2001.281.5.h2028>