

КРАТКОСРОЧНАЯ АДАПТАЦИЯ ГЕМОДИНАМИКИ И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ В ОТВЕТ НА ДОЗИРОВАННУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

Ф.А. МАВЛИЕВ, Ф.Р. ЗОТОВА, В.А. ДЕМИДОВ,

Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма,
г. Казань

Аннотация

Были исследованы особенности краткосрочной адаптации гемодинамики и вариабельности ее параметров на дозированную физическую нагрузку у девушек. Установлено, что воздействие физической нагрузки вызывает наибольшие изменения параметров, связанных с насосной функцией сердца (120–140%) и микрососудистым руслом (более 190%); среди показателей вариабельности кровотока наибольшее увеличение выявлено в общей спектральной мощности вариабельности артериального давления (более 500%) и микрососудистого русла (более 250%). Зафиксировано снижение ударного объема крови в период восстановления на фоне увеличения пульсации микрососудов, что является показателем децентрализации кровотока.

Ключевые слова: физическая нагрузка, сердечно-сосудистая система, адаптация, вегетативная нервная система.

Abstract

The article investigates the features of the short-term adaptation of the hemodynamics and its parameters' variability of the dosed physical activity among girls. It is established that the effect of physical load causes the greatest change settings related to the pumping function of the heart (120–140%) and micro vascular channel (more than 190%); among the indicators of blood flow variability the largest increase was revealed in the general spectral power of the blood pressure variability (more than 500%) and micro vascular channel (more than 250%). It is registered the decline of stroke volume in the recovery period against a background of micro vessels pulsation increase which is the indicator of blood flow decentralization.

Key words: physical load, cardiovascular system, adaptation, vegetative nervous system.

Введение

Физическая нагрузка вызывает разнонаправленные изменения в организме, которые подробно описаны в современной литературе [2, 4, 5, 10, 12]. Часто объектом исследования становятся сердечно-сосудистая система (ССС) – особенности ее реагирования на физическую нагрузку различного характера в виде краткосрочной и долгосрочной адаптации [2, 4, 12], а также вегетативная нервная система (ВНС). При этом активность ВНС определяется посредством регистрации вариабельности ритма сердца (ВРС), где с определенной долей точности можно оценить активность со стороны регуляторных механизмов [14]. Сегодня в связи с доступностью различных программно-аппаратных комплексов исследование ВРС стало популярным и доступным средством [13, 15, 16]. Важно заметить, что вариативность свойственна не только сердечному ритму, но и всей системе кровообращения [1, 8, 9, 11], начиная от микрокровотока [6, 7] (микрососудистое русло, тканевое кровообращение) и заканчивая центральными звеньями гемодинамики (ударный объем, фракция выброса). Изменения, происходящие в ответ на различного рода воздействия (клино- и ортостаз, психоэмоциональная или же физическая нагрузка), позволяют нам лучшим образом представить механизмы, обеспечивающие стабильность трофики тканей. Отделение показателей гемодинамики от регулирующих ее механизмов не позволяет получить полноценную картину системной реакции организма.

Исследование гемодинамики наряду с регистрацией вариабельности ее параметров позволит раскрыть особенности кровообращения с учетом сложных взаимодействий разных звеньев кровотока и определить те из них, которые наиболее активно вовлечены в исследуемый процесс. К сожалению, на сегодняшний день не представляется возможным в режиме реального времени корректно регистрировать изменения гемодинамики в комплексе с ее вариабельностью непосредственно во время выполнения ряда проб, в том числе во время тестирования с использованием физических нагрузок. Возникающие разного рода негативные факторы (артефакты записи, наличие нестационарных процессов и т.д.) не позволяют традиционным методом анализа (алгоритм быстрого преобразования Фурье) корректно разложить всю сложную структуру вариабельности по исследуемым частотным спектрам. В связи с этим в нашей работе была сделана регистрация параметров до нагрузки, а также через 2 и 8 мин после ее выполнения.

Цель исследования – определение особенностей адаптации кардиогемодинамики и вариабельности ее параметров у девушек 18 лет в ответ на физическую нагрузку.

Задачи исследования:

1. Определить изменения кардиогемодинамики и вариабельности ее параметров после дозированной физической нагрузки.
2. Выявить особенности восстановления кровообращения и вариабельности ее параметров.



Организация и методика исследования

Для получения однородной выборки и исключения анализа гендерных отличий, что сложно сделать в рамках одной статьи, нами были обследованы девушки 18 лет, не занимающиеся спортом (125 чел.). Регистрация кардиогемодинамики и вариабельности ее параметров осуществлялась с 9 до 12 ч дня, запись производилась в положении сидя. Исследование состояло из трех этапов:

этап I – регистрация исследуемых параметров в покое до дозированной физической нагрузки;

этап II – регистрация параметров через 2 мин после физической нагрузки;

этап III – регистрация параметров через 8 мин после нагрузки.

Дозированная физическая нагрузка (2,5 Вт/кг) осуществлялась на велоэргометре в течение 5 мин.

Исследование системы кровообращения проводилось при помощи многофункционального комплекса многопараметрового мониторинга «Микролюкс Кентавр» (Челябинск, ООО «Микролюкс»), позволяющего кроме записи реограммы и электрокардиограммы автоматически проводить расчет спектральных характеристик изучаемых параметров. Регистрация данных биоимпедансного мониторинга производилась в режиме реального времени с последующим спектральным разложением их вариабельности за 500 ударов сердца. Регистрация электрокардиограммы проводилась во II стандартном отведении. После записи рассчитывалось среднее значение (М) изучаемых параметров; проводился спектральный анализ вариабельности комплекса параметров гемодинамики (ВКПГ) по методике быстрого преобразования Фурье; оценивались общая мощность спектра ВКПГ (P , $мс^2$), середина частоты спектра (F_m , Гц), абсолютные ($мс^2$) и относительные (% от P) значения мощности ВКПГ в четырех частотных диапазонах спектра: ультранизкочастотном (P_1) – границы 0,003–0,025 Гц (ULF, %ULF), очень низкочастотном (P_2) – 0,025–0,075 Гц (VLF, %VLF), низкочастотном (P_3) – 0,075–0,15 Гц (LF, %LF) и в высокочастотном (P_4) – 0,15–0,5 Гц (HF, %HF).

Регистрировались следующие показатели кардиогемодинамики: ударный объем (УО) – по данным электрокардиограммы (ЭКГ) и первой производной трансторакальной реограммы (мл); минутный объем крови (МОК, л/мин); фракция выброса (ФВ) – расчет параметра по данным ЭКГ и первой производной трансторакальной реограммы (%); амплитуда пульсации аорты (АПА, Ом); амплитуда пульсации микрососудов пальца (АПМ, Ом); дыхательная волна аорты (ДВА, Ом); дыхательная волна микрососудов пальца (ДВМ, Ом); артериальное давление (АД, мм рт. ст.) – по скорости распространения пульсовой волны (между зубцом R ЭКГ и пиком первой производной пульсовой волны микрососудов пальца); частота сердечных сокращений (ЧСС) – по данным электрокардиограммы (уд./мин).

Статистическая обработка данных осуществлялась параметрическими (t-критерий Стьюдента) и непараметрическими (t-критерий Вилкоксона) методами в зависимости от характера распределения исследуемых

показателей, проверенных с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Большинство исследуемых параметров не подчинялось закону нормального распределения.

Результаты исследования и их обсуждение

Изменения кардиогемодинамики. После проведения нагрузочного тестирования были зафиксированы изменения показателей (на всех трех этапах), характеризующих работу сердца: ЧСС, УО, МОК, которые не вернулись к исходному состоянию до конца третьего этапа (табл. 1, рис. 1). При этом УО на третьем этапе был ниже исходных значений. На периферическом звене кровообращения за существенным приростом кровоснабжения в микрососудистом русле в конце записи наблюдался повышенный уровень амплитуды пульсации микрососудов. Как видно из табл. 1, на втором этапе отмечается некоторое затруднение оттока крови в микрососудистом русле за счет дыхательного насоса, о чем свидетельствуют повышение амплитуды пульсации микрососудов и снижение ее дыхательных волн, что является результатом распределения кровоснабжения в периферическом звене. Увеличение амплитуды колебаний микрососудов (палец руки), на наш взгляд, является, в первую очередь, отражением терморегуляции: повышение температуры тела за счет работающих мышц вызывает естественную теплоотдачу посредством активации адекватного числа капилляров на периферии, т.е. реализуется терморегуляторная функция кровообращения. Длительность подобной активности будет определяться рядом факторов, где главным будет объем мышечного напряжения, который тем меньше, чем техничнее выполняет исследуемый велоэргометрическую нагрузку. При этом даже дозирование нагрузок с учетом массы исследуемых не может в полной мере уравнивать испытуемых по затраченным мышечным усилиям. Имеются результаты ряда исследователей, в которых приводятся данные о важной роли микроциркуляции в терморегуляторной функции, где холодное воздействие вызывает снижение пульсации микрососудистого русла, тем самым оберегая организм от потери тепла [3]. Аналогичная терморегуляторная функция, но обратная по направлению наблюдается и в нашем случае, приводя к «децентрализации» кровотока. Согласно полученным данным, для исходной «централизации» крови недостаточно 8 мин (при нагрузке 2,5 Вт/кг за 5 мин). Возможно, этим и объясняется снижение на третьем этапе записи величин УО, когда дыхательный «насос» функционирует на прежнем уровне, но часть крови еще хранится в периферическом «депо», а также в мышцах, участвовавших в выполнении нагрузки, несколько понижая насосную функцию сердца. Общеизвестно, что микроциркуляторное русло находится под многоуровневым контролем, который организован через систему с обратной связью. В процессе самоорганизации кровотока эндотелиальная активность, нейрогенный и миогенный механизмы контроля, пульсовые и дыхательные ритмы образуют положительные и отрицательные связи [6], и в данном случае потенциально все факторы, кроме дыхательных волн, являются причиной, препятствующей исходной «централизации» кровотока.



Таблица 1

Абсолютные значения КГД девушек

Девушки		АД М	ЧСС М	УО М	МОК М	ФВ М	АПА М	АПМ М	ДВА М	ДВМ М
I этап	Хср	111,52	80,21	90,01	7,09	61,51	209,41	41,82	172,87	148,04
	σ	15,68	11,44	29,53	2,29	3,43	44,73	33,41	43,01	42,39
II этап	Хср	115,88	100,54	102,33	9,75	66,13	236,80	82,04	167,23	117,71
	σ	21,78	17,16	31,69	3,00	4,31	46,96	43,10	45,19	47,32
III этап	Хср	111,37	92,78	86,04	7,91	61,36	208,61	55,64	161,09	145,14
	σ	10,28	14,30	21,65	2,15	3,42	34,17	32,01	50,04	41,24
12		с	с	у	с	с	с	у	у	у
13			с	у	с			у	у	
23			с	у	с	с	с	с		у

Примечание. Здесь и далее «с» – статистически значимые различия по t-критерию Стьюдента; «у» – статистическая значимость по t-критерию Вилкоксона; «12» – между I и II этапом, «13» – между I и III этапом, «23» – между II и III этапом.

На втором этапе исследования (через две минуты после нагрузки) увеличение кровообращения сопровождалось адекватным возрастанием эффективности сократимости сердца (прирост составил 7%), но на третьем этапе вернулось до исходного уровня (табл. 1). По всей видимости, в увеличении ФВ лежат механизмы, отличные от интракардиальных, так как «мышечный насос» уже перестал функционировать, обеспечивая повышенный венозный возврат, но, несмотря на это, ФВ выше, чем до нагрузки. Несмотря на отсутствие полного восстановления ЧСС, УО и МОК, к третьему этапу наблюдался возврат ФВ до исходных значений.

Как видно из рис. 1, наиболее существенные изменения на нагрузочное тестирование отмечались в амплитуде пульсации микрососудов (увеличение на 96%). Менее выраженные изменения отмечены в показателе минутного объема кровообращения (на 37%). Артериальное давление на нагрузку реагировало меньшим увеличением (4%) и более быстрым восстановлением.

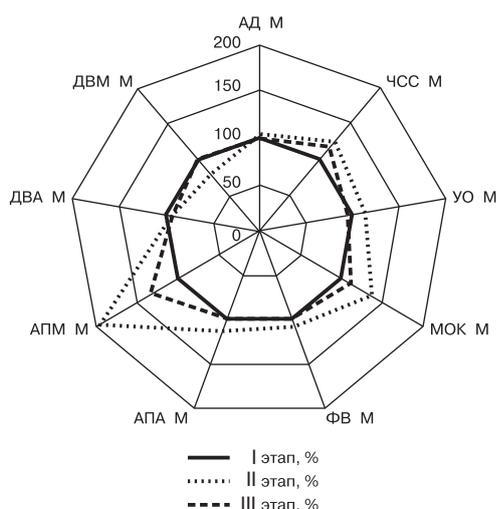


Рис. 1. Изменения показателей КГД после нагрузки в процентах по отношению к данным, полученным на первом этапе

Вариабельность комплекса параметров кардиогемодинамики. В отличие от методики анализа вариабельности сердечного ритма, и особенно ее интерпретации, анализ ВКПГ имеет менее разработанную теоретическую методику в связи с неоднозначностью причин колебательной активности и многообразием сочетаний варьирующих величин у исследуемых. В связи с этим в данной работе будет представлена лишь часть особенностей самих спектральных характеристик ВКПГ, а не регуляторные механизмы изменений, которые в современной литературе не полностью раскрыты. Согласно мнению ряда исследователей [14], «между вегетативным симпатическим и гуморальным контурами, равно как и вегетативными парасимпатическим и симпатическим, в живом организме четкие границы провести невозможно. Регуляция действует как оркестр с большим числом степеней свободы и защиты». В нашей работе колебательная активность кровообращения – мера ее регуляции.

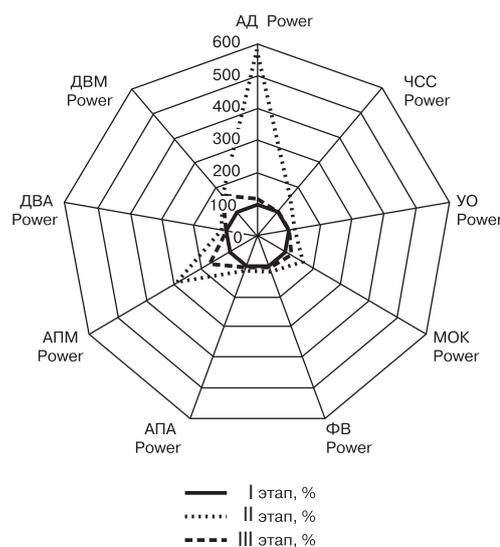


Рис. 2. Изменения ОСМ после нагрузки в процентах по отношению к исходным данным до нагрузочного тестирования



Общая мощность спектра ВКПГ (как мера регуляции) имела существенные отличия в исследуемых показателях. Так, наибольший прирост ОСМ на физическую нагрузку был отмечен в вариабельности АД и АПА; при этом последняя не восстановилась до исходных значений к концу третьего этапа. Как было отмечено выше (табл. 1, рис. 1), изменения абсолютных величин давления в результате

нагрузки были в среднем около 4%, а общий спектр колебания изменился более чем на 500% от исходного, что, возможно, является показателем многократного увеличения регулирующих влияний ради сохранения должных величин АД в рамках физиологически адекватных границ (рис. 2.).

Таблица 2

ОСМ ВКПГ у девушек до и после дозированной физической нагрузки

Девушки		АД Р	ЧСС Р	УО Р	МОК Р	ФВ Р	АПА Р	АПМ Р	ДВА Р	ДВМ Р
До нагрузки (I этап)	Хср	17,63	28,58	175,07	1,23	6,04	585,76	166,31	11050,57	1697,15
	σ	25,11	22,69	128,73	0,93	5,25	313,59	237,13	8107,27	2244,61
2–7 мин (II этап)	Хср	103,74	45,15	205,28	2,02	7,26	662,05	474,29	12207,76	2691,62
	σ	108,80	49,02	176,29	1,51	5,73	352,57	597,53	7528,07	2826,02
8–13 мин (III этап)	Хср	20,79	26,77	165,90	1,45	6,43	576,96	285,00	10479,40	2850,31
	σ	26,92	20,25	164,14	1,25	6,81	295,07	310,86	8588,90	2616,23
12		у	у		у			у		у
13								у		у
23		у	у	у	у		у	у	у	

На третьем этапе записи ОСМ вариабельности АД вернулась к исходному уровню. Кратное увеличение ОСМ было отмечено также и в вариабельности ампли-

туды пульсации аорты, при этом отличия отмечены на всех 3-х этапах, но в отличие от АД они не вернулись к исходному значению на третьем этапе.

Таблица 3

Вклад регистрируемых частотных диапазонов в ОСМ

Р 4%										
Девушки		АД	ЧСС	УО	МОК	ФВ	АПА	АПМ	ДВА	ДВМ
I этап	Хср	1,53	3,70	46,17	49,38	53,83	52,47	0,45	31,67	50,84
	σ	5,60	8,49	21,46	20,43	21,07	24,89	2,20	32,20	32,88
II этап	Хср	0,17	2,38	41,88	39,92	19,61	45,33	0,16	51,58	43,42
	σ	1,13	9,68	28,05	29,39	26,74	29,25	1,26	36,14	30,85
III этап	Хср	1,60	1,40	47,30	46,04	45,49	54,46	0,32	34,43	50,41
	σ	6,94	6,28	22,48	22,91	26,08	24,68	2,21	31,18	29,35
12		с			у	с	с		у	
13			с			с				
23		с				с	с		у	
Р 3%										
I этап	Хср	19,43	40,43	30,37	28,15	28,74	27,47	11,99	39,46	29,43
	σ	19,36	24,20	17,40	15,52	16,20	17,39	16,09	21,89	22,86
II этап	Хср	4,12	14,62	18,61	15,62	9,10	14,39	10,33	24,05	19,86
	σ	11,21	19,56	15,73	14,53	15,55	14,79	15,85	20,89	19,24
III этап	Хср	20,47	40,77	30,34	29,13	25,62	28,25	15,80	38,50	33,25
	σ	22,63	27,60	17,38	17,62	17,32	18,99	17,84	22,94	24,66
12		у	у	с	с	у	у		у	у
13								у		
23		у	с	с	с	у	у	у	у	у



Окончание табл. 3

Р 2%										
I этап	Хср	55,29	44,16	16,62	16,78	12,85	14,40	55,52	25,40	13,03
	σ	15,81	19,95	12,31	13,39	12,83	14,30	11,72	20,82	16,45
II этап	Хср	52,21	52,89	22,46	24,71	37,51	24,14	55,42	20,71	21,79
	σ	10,97	14,01	18,02	18,41	16,84	17,69	13,89	20,16	19,60
III этап	Хср	53,56	44,19	16,55	18,15	19,57	13,13	58,14	23,76	11,45
	σ	17,19	20,95	13,46	13,47	18,74	12,81	13,05	20,84	14,48
12			с	у	у	у	у			у
13						у				
23			с	у	у	у	у			у
Р 1%										
I этап	Хср	22,83	11,70	5,10	5,10	4,67	3,85	32,04	3,42	6,71
	σ	14,17	10,15	6,28	6,28	6,24	5,93	15,15	5,77	11,46
II этап	Хср	41,71	30,05	13,43	13,43	33,77	14,24	32,33	3,62	13,22
	σ	12,95	15,50	14,69	14,69	19,91	15,17	15,27	6,24	14,95
III этап	Хср	24,36	13,55	4,91	4,91	9,28	3,27	25,77	3,28	4,90
	σ	14,76	11,09	7,09	7,09	11,13	5,50	15,15	6,10	8,29
12		у	у	у	у	у	у			у
13						у		с		
23		у	у	у	у	у	у	у		у

Наибольшие изменения в диапазоне Р1 были зафиксированы в вариабельности ФВ, где наблюдается недовосстановление вариабельности к третьему этапу записи, а своеобразный эффект «запаздывания» нами отмечен в вариабельности пульсации микрососудов, где изменения (снижение на 20%) волн данного частотного диапазона были зафиксированы лишь во время третьего этапа записи. Статистически значимых отличий в вариабельности ДВА зафиксировано не было. В частотном диапазоне Р2, как и в предыдущем случае, выделились показатели вариабельности ФВ, которые как по выраженности, так и по длительности были подвержены наибольшим отклонениям.

Сочетание статистически незначимых отклонений в ОСМ ФВ с ярко выраженными изменениями (рис. 3.) перераспределения спектральной мощности (т.е. Р%) в рамках исследуемых частотных диапазонов можно рассматривать как специфическую особенность регуляции эффективности сократимости сердца. Физиологическим механизмом, лежащим в основе этого явления, может быть высокая «отзывчивость» (прямая или опосредованная) данного показателя. Изменение сократимости сердца в ответ на различные (в т.ч. и по силе) регуляторные влияния, прежде всего повышением производительности, по нашему мнению, является наиболее оптимальным.

Несколько меньшее количество изменений было отмечено во вкладе частотного диапазона Р2, но общая тенденция сохранилась: увеличение вклада наблюдалось в вариабельности таких параметров, как ЧСС, УО, МОК, МОК, АПА и ДВМ. В вариабельности амплитуды пульсации микрососудов и дыхательных волн аорты статистически значимых изменений не выявлено. «Отставленный»

эффект в виде увеличенного вклада волн диапазона Р2 имел место в вариабельности ФВ в отличие от остальных параметров, которые вернулись к исходному уровню. Диапазон Р3 во всех регистрируемых параметрах снизил свое участие, кроме АПМ, в вариабельности которого отличий между первым и вторым этапом записи не отмечено, а зафиксированы изменения его вариабельности к третьему этапу записи в виде увеличения его вклада (на третьем этапе – 131% от исходного уровня). Подобная реакция, по всей видимости, обусловлена воздействием

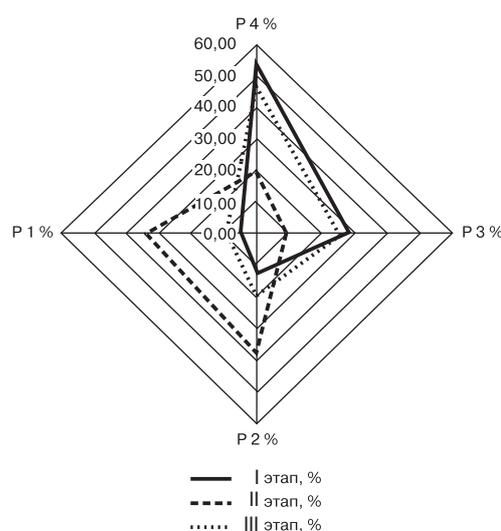


Рис. 3. Особенности перераспределения частотного диапазона вариабельности ФВ на дозированную физическую нагрузку



факторов на сосудистый тонус, колебания которого находятся в диапазоне 0,075–0,15 Гц.

Меньшее по сравнению с остальными количество изменений видно во вкладе частотного диапазона P4 в ОСМ. При этом в ВРС изменения протекают более продолжительное время, и фиксируется разница исходного вклада данного частотного диапазона только к третьему этапу записи (наблюдается снижение до 38% от исходного уровня). Снижение P4% фиксируется и в вариабельности ФВ, где минимальные значения отмечаются на втором этапе записи. Обратная динамика (рис. 3) зафиксирована в вариабельности дыхательных волн аорты с увеличением вклада диапазона P4 до 164% от исходного уровня.

Выводы

1. Наибольший сдвиг гемодинамики происходит в насосной функции сердца и в микрососудистом русле; на наш взгляд, микрососудистое русло обеспечивает,

в первую очередь, терморегуляцию в постнагрузочном периоде.

2. Перераспределение кровообращения из-за увеличения притока крови на периферию с целью терморегуляции вызывает снижение ее централизации, тем самым снижая ударный объем крови ниже исходного уровня после физической нагрузки.

3. Вариабельность параметров кардиогемодинамики как мера регуляции отражает наличие наибольших регуляторных воздействий на артериальное давление (общая спектральная мощность давления увеличилась более чем на 500%) и микроциркуляцию (наблюдается увеличение общей спектральной мощности микроциркуляции более чем на 250%).

4. Из исследованных показателей кардиогемодинамики фракция выброса крови находится под воздействием широкого спектра регуляторных механизмов, и в ее вариабельности зафиксирована активность всех частотных диапазонов.

Литература

1. Астахов А.А. Методический подход к исследованиям медленноволновых процессов у здоровых и больных / А.А. Астахов (ст.), А.А. Астахов, И.А. Астахов // Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флуктуация сердечно-сосудистой системы: тез. докл. – Челябинск, 24–25 мая 2004 г. – С. 132–145.
2. Ванюшин М.Ю. Влияние направленности тренировочного процесса и возраста на реакции насосной функции сердца спортсменов / М.Ю. Ванюшин, Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 9–2. – С. 220–222.
3. Герасимова Л.И. Усиленная холод-индуцированная вазоконстрикция (феномен Рейно) как признак аварийного регулирования функций организма при адаптации к холоду / Л.И. Герасимова // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2007. – Т. 6. – № 1. – С. 40–42.
4. Демидов В.А. Влияние повышенной двигательной активности на кардиогемодинамическую устойчивость подростков в условиях повышенной информационной нагрузки / В.А. Демидов, Д.В. Мальцев, Ф.А. Мавлиев // Физиология человека. – 2009. – № 4. – С. 133–140.
5. Дратцев Е.Ю. Состояние регионального кровообращения у спортсменов высокой квалификации / Е.Ю. Дратцев, А.Д. Викулов, А.А. Мельников, В.В. Алехин // Вестник спортивной науки. – 2008. – № 3. – С. 32–35.
6. Крупаткин А.И. Динамический колебательный контур регуляции капиллярной гемодинамики / А.И. Крупаткин // Физиология человека. – 2007. – Т. 33. – № 5. – С. 93–101.
7. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / под ред. А.И. Крупаткина, В.В. Сидорова. – М.: Медицина, 2005. – 125 с.
8. Наумова В.В. Медленноволновая вариабельность сосудистого кровообращения в зрелом возрасте (I периоде) / В.В. Наумова, Е.С. Земцова // Вестник ВолГМУ. – 2009. – № 3 (31). – С. 76–80.
9. Наумова В.В. Половые особенности вариабельности параметров гемодинамики у здоровых и больных артериальной гипертонией / В.В. Наумова, Е.С. Земцова // Вестник СПбГУ. Сер. 11. Медицина. – 2010. – № 1. – С. 36–43.
10. Тихонов В.Ф. Влияние соревновательной физической нагрузки на ЭКГ-параметры у спортсменов-гиревиков / В.Ф. Тихонов, Т.В. Агафонкина, Е.В. Орешников // Вестник спортивной науки. – 2010. – № 1. – С. 25–26.
11. Флейшман А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены: учебный атлас для врачей. – Новокузнецк, 2004. – 99 с.
12. Шаяхметов Н.Н. Особенности насосной функции сердца юношей и девушек при физических нагрузках малой мощности / Н.Н. Шаяхметов, Ю.С. Ванюшин, Р.Г. Ардеев // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1–2. – С. 312–314.
13. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: монография / Н.И. Шлык. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 285 с.
14. Яблчанский Н.И., Мартыненко А.В. Вариабельность сердечного ритма. В помощь практическому врачу / Н.И. Яблчанский, А.В. Мартыненко. – Харьков: КНУ, 2010. – 131 с.
15. Rajendra Acharya U., Paul Joseph K., Kannathal N., Lim C.M., Suri J.S. Heart rate variability: a review // Med. Biol. Eng. Comput. 2006 Dec; 44 (12) : 1031–51.
16. Sartor F., Vailati E., Valsecchi V., Vailati F., La Torre A. Heart rate variability reflects training load and psychophysiological status in young elite gymnasts // J. Strength Cond. Res. 2013 Jan; 28 [Epub ahead of print]. PubMed PMID : 23364293.



References

1. *Astakhov A.A.* Methodical approach to researches the slow-wave processes in healthy and patients /A.A. Astakhov (st.), A.A. Astakhov, I.A. Astakhov//Oscillatory processes of haemodynamics. Pulsation and fluctuation of cardiovascular system: thes. comm. – Chelyabinsk, May 24–25, 2004. – P. 132–145.
2. *Vanyushin M.Yu.* Influence of an orientation of training process and age on reactions of pump function of heart of athletes / M.Yu. Vanyushin, Yu.S. Vanyushin, R.R. Hayrullin // Fundamentalnye issledovaniya. – 2011. – № 9–2. – P. 220–222.
3. *Gerasimova L.I.* Enhanced cold-induced vazokonstriction (Reynaud's phenomenon) as a sign of emergency regulation of functions of an organism at adaptation to cold / L.I. Gerasimova // Regionarnaya cirkulaciya i microcirkulaciya krovi. – 2007. – V. 6. – № 1. – P. 40–42.
4. *Demidov V.A.* Influence of the increased physical activity on cardiohaemodynamic stability of teenagers in the conditions of the raised information loading / V.A. Demidov, D.V. Maltsev, F.A. Mavliyev // Human physiology. – 2009. – № 4. – P. 133–140.
5. *Drattsev E.Yu.* State of regional blood circulation in elite athletes / E.Yu. Drattsev, A.D. Vikulov, A.A. Melnikov, V.V. Alyokhin // Vestnik sportivnoj nauki. – 2008. – № 3. – P. 32–35.
6. *Krupatkin A.I.* Dynamic oscillatory contour of capillary haemodynamics regulation / A.I. Krupatkin // Fiziologiya cheloveka. – 2007. – V. 33. – № 5. – P. 93–101.
7. Laser Doppler floumetry of microblood circulation / under A.I. Krupatkin, V.V. Sidorov's edition. – M.: Medicine, 2005. – 125 p.
8. *Naumova V.V.* Slow-wave variability of vascular blood circulation at mature age (the I period) / V.V. Naumova, E.S. Zemtsova // Vestnik VolGMU. – 2009. – № 3 (31). – P. 76–80.
9. *Naumova V.V.* Sexual features of haemodynamics parameters variability in healthy and patients with arterial hypertension / V.V. Naumova, E.S. Zemtsova // Vestnik St. Petersburgskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 11. Medicine. – 2010. – № 1. – P. 36–43.
10. *Tikhonov V.F.* Influence of competitive physical activity on electrocardiograms parameters in weight lifters / V.F. Tikhonov, T.V. Agafonkina, E.V. Oreshnikov // Vestnik sportivnoj nauki. – 2010. – № 1. – P. 25–26.
11. *Fleyshman A.N.* Variability of a rhythm of heart and slow fluctuations of haemodynamics: nonlinear phenomena: the educational atlas for doctors. – Novokuznetsk, 2004. – 99 p.
12. *Shayakhmetov N.N.* Features of heart pump function of young men and girls at physical activities of low power / N.N. Shayakhmetov, Yu.S. Vanyushin, R.G. Ardeev // Basic researches. – 2013. – № 1–2. – P. 312–314.
13. *Shlyk N.I.* Heart rhythm and regulation type in children, teenagers and athletes: monograph / N.I. Shlyk. – Izhevsk: Udmurt university publishing house, 2009. – 285 p.
14. *Yabluchansky N.I., Martynenko A.V.* Variability of a heart rhythm. For the aid to the practical doctor / N.I. Yabluchansky, A.V. Martynenko. – Kharkov: KNU, 2010. – 131 p.
15. *Rajendra Acharya U., Paul Joseph K., Kannathal N., Lim C.M., Suri J.S.* Heart ratevariability: a review // Med. Biol. Eng. Comput. 2006 Dec; 44 (12) : 1031–51.
16. *Sartor F., Vailati E., Valsecchi V., Vailati F., La Torre A.* Heart rate variability reflects training load and psychophysiological status in young elite gymnasts // J. Strength Cond. Res. 2013 Jan; 28 [Epub ahead of print]. PubMed PMID : 23364293.

