

ДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ФОНЕ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ У СПОРТСМЕНОВ

Хайретдинова Г.А.¹, Федулаев Ю.Н.^{2*}, Андреева О.Н.², Арьков В.В.¹

Всероссийский НИИ физической культуры и спорта¹; Российский государственный медицинский университет им. Н.И. Пирогова², Москва

Резюме

72 пациентам (37 спортсменов на восстановительном этапе подготовки и 35 пациентов с пателлофemorальным артрозом) проводилась электростимуляция четырехглавой мышцы бедра токами Коца с целью оценки влияния воздействия на электрокардиографические показатели вегетативного дисбаланса. На фоне 10 процедур электромиостимуляции отмечено достоверное уменьшение количества наджелудочковых и желудочковых экстрасистол, уменьшение дисперсии интервала QT (в рамках исходных и динамических непатологических значений), увеличение циркадного индекса. Достоверного изменения временных и спектральных показателей сердечного ритма не отмечено, однако прослеживалась убедительная тенденция к более выраженному устранению вегетативного дисбаланса в группе спортсменов.

Ключевые слова: спортсмены, пателлофemorальный артроз, электромиостимуляция, наджелудочковые и желудочковые экстрасистолы, временные и спектральные показатели вариабельности сердечного ритма, вегетативный дисбаланс.

Проблема оптимального функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ФС ССС) у спортсменов определяется краткосрочными задачами подготовки к конкретному спортивному мероприятию, а также долгосрочным ее состоянием, обеспечивающим высокие спортивные достижения на протяжении длительного периода времени [6]. Традиционные критерии оценки готовности спортсменов к соревнованиям складываются из комплекса физиолого-психических реакций организма и инструментально-лабораторных критериев активности метаболизма [15]. Ведущим лимитирующим звеном в степени физической работоспособности спортсмена является состояние сердечно-сосудистой системы [6]. В течение последних 20 лет накоплен богатый опыт инструментальной оценки ФС ССС с использованием оценки систолической и диастолической функции миокарда, электрофизиологических аспектов работы сердца, состояния эндотелиальной функции, системных вегетативных реакций в виде временных и спектральных показателей вариабельности сердечного ритма [3, 8, 10]. Однако этот опыт, в основном, накоплен в рамках первичной и вторичной профилактики кардиологической патологии [7]. В литературе много работ, посвященных влиянию электромиостимуляции на их скоростно-силовые качества и метаболические процессы [5, 13, 14], но отсутствуют публикации, посвященные инструментальной оценке функционального вегетативного состояния сердечно-сосудистой системы на фоне электромиостимуляции.

Целью нашей работы явилась динамическая оценка электрокардиографических показателей, характеризующих состояние сердечно-сосудистой системы при электростимуляции мышц.

Материал и методы

В исследование были включены 72 человека (41 мужчина и 31 женщина), специализирующихся в лыжных гонках, со стажем от 6 до 17 лет, средний возраст — $25,3 \pm 4,8$ лет. В лаборатории тестирования физической подготовленности ВНИИФК на фоне проведения электромиостимуляции бедра, трехкратно оценивали динамику электрокардиографических показателей, характеризующих функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Основную группу составили 37 спортсменов (20 мужчин и 17 женщин) на восстановительном этапе подготовки, средний возраст которых составил $24,7 \pm 4,5$ лет. Контрольную группу составили 35 спортсменов (21 мужчина и 14 женщин) с диагнозом “пателлофemorальный артроз”, не тренирующихся в течение последних 2-х месяцев, средний возраст которых составил $25,0 \pm 4,3$ лет.

Методика электромиостимуляции

Все испытуемые получали курс электростимуляции (ЭМС) четырехглавой мышцы бедра (ЧМБ) в течение 10 дней с перерывом в 2 дня в середине. ЭМС осуществлялась при положении пациента сидя на кресле изокINETического динамометра BioDex (США), с углом сгиба в коленном суставе 45° . Использовались токи Коца (длительность посылки 10 сек, пауза 50 сек, частота модуляции 50 Гц; длительность импульса трапецевидной формы 10 мс.; несущая частота 2500 Гц); воздействие проводилось с использованием аппарата Амплидин ЭСТ (РФ), режим ЭСТ, программа П-4. Электроды (размер 3×10 см) фиксировались на границе верхней и средней трети передней поверхности стимулируемого бедра (катод) и над коленной чашечкой в нижней

Таблица 1

Сравнительная характеристика временных и спектральных показателей variability сердечного ритма в основной и контрольной группах

Показатель	Основная группа (n=37)			Контрольная группа (n=35)		
	1 день	5 день	10 день	1 день	5 день	10 день
SDNN, mc	259,7±18,6	250,3±19,1	284,1±20,4	197,0±16,1	189,7±17,2	208,3±18,4
RMSSD, mc	93,8±6,8	87,3±6,3	80,0±6,9	49,5±6,0	55,8±5,1	55,1±5,4
pNN50,%	32,7±2,9	35,5±2,7	29,6±2,8	15,4±1,8	18,6±1,9	18,5±1,5
SDNN, mc	p1-5	p1-10	p5-10	p1-5	p1-10	p5-10
	3,6%>0,05	8,6%>0,05	11,9%>0,05	3,7%>0,05	5,4%>0,05	8,9%>0,05
RMSSD, mc	p1-5	p1-10	p5-10	p1-5	p1-10	p5-10
	6,9%>0,05	14,7%>0,05	8,4%>0,05	11,3%>0,05	10,2%>0,05	1,3%>0,05
pNN50,%	p1-5	p1-10	p5-10	p1-5	p1-10	p5-10
	7,9%>0,05	9,5%>0,05	16,6%<0,05	16,8%>0,05	16,8%>0,05	0,5%>0,05
	p10.-1к.		p50.-5к.		p100.-10к.	
SDNN, mc	24,1% <0,001		24,2% <0,05		26,7% <0,05	
RMSSD, mc	47,3% <0,001		36,1% <0,05		31,1% <0,05	
pNN50,%	52,9% <0,001		47,6% <0,001		37,5% <0,001	
HF, n.e.	26,6±3,4	26,9±3,0	29,8±2,5	20,4±3,5	19,7±4,2	19,2±4,8
LF, n.e.	48,8±4,2	53,3±3,5	56,0±3,6	39,8±5,4	38,9±5,3	38,4±5,5
LF/HF	1,8±0,6	2,0±0,5	1,9±0,6	2,0±1,1	2,0±1,2	1,9±1,0
HF, n.e.	p1-5	p1-10	p5-10	p1-5	p1-10	p5-10
	1,2%>0,05	10,8%>0,05	9,7%>0,05	3,5%>0,05	5,9%>0,05	2,6%>0,05
LF, n.e.	p1-5	p1-10	p5-10	p1-5	p1-10	p5-10
	8,5%>0,05	12,9%>0,05	4,8%>0,05	2,3%>0,05	3,5%>0,05	1,3%>0,05
LF/HF	p1-5	p1-10	p5-10	p1-5	p1-10	p5-10
	10%>0,05	5,3%>0,05	5,0%>0,05	0%>0,05	5,0%>0,05	5,0%>0,05
	p10.-1к.		p50.-5к.		p100.-10к.	
HF, n.e.	23,3% >0,05		26,8% >0,05		35,6% <0,05	
LF, n.e.	18,5% >0,05		27,1% <0,05		31,4% <0,05	
LF/HF	10,0% >0,05		0% >0,05		0% >0,05	

трети бедра (анод); ЭМС проводилась на субмаксимальном уровне тока, переносимом данным испытуемым, которая определялась до начала ЭМС. Установка для пациента во время ЭМС – напрягать ЧМБ (четырёхглавая мышца бедра) во время импульса стимуляции с поддержанием заданного уровня. Для осуществления удержания пациентом уровня напряжения мышцы использовался режим обратной биологической связи с применением аппаратно-компьютерного комплекса, состоящего из датчика объема, фиксируемого на середине бедра (наполнение воздухом до 45 мм рт.ст.), полиграфического устройства и компьютера с программным обеспечением Neocortex, позволяющим визуализировать показания датчика объема на мониторе в реальном режиме времени. При этом в начале процедуры ЭМС проводилась регистрация трех максимальных произвольных сокращений ЧМБ с последующими десятью стимуляциями электрическим током одновременно с максимальным произвольным сокращением мышцы. Стимулировалась у пациентов ЧМБ больной ноги, у спортсменов – менее сильная ЧМБ (уровень силовых возможно-

стей определялся при исходном изокинетическом тестировании).

В исследование не включали лиц: с количественными характеристиками частой наджелудочковой экстрасистолии; с желудочковой экстрасистолией выше 1 градации по В. Lown (1976); со сниженными временными и спектральными показателями variability сердечного ритма; с дисперсией интервала QT выше 40 мс; со сниженными показателями глобальной сократимости левого желудочка; с доплерографическими показателями рестриктивного трансмитрального кровотока.

Инструментальные критерии оценки эффективности. В динамике, по результатам суточного мониторинга электрокардиограммы, оценивали: количество наджелудочковых (НЖЭ) и желудочковых экстрасистол (ЖЭ), дисперсию интервала QT (как разницу между максимальным и минимальным ее значением в период суточной регистрации ЭКГ) – QTd (мс); временные и спектральные показатели variability сердечного ритма – BCP (SDNN, мс; PNN50,%; HF, n.e.; LF, n.e.; LF/HF); циркадный индекс (ЦИ), как соотношение среднесуточной ЧСС к средненочной.

Таблица 2

Коэффициент корреляции (r) по методу Пирсона отдельных электрокардиографических показателей у пациентов основной и контрольной групп*

	ЖЭ	QTd	SDNN	PNN50	HF	LF	LF/NF	ЦИ
Основная группа (n=37)								
СЭ	+0,97	+0,98	-0,71	+0,71	-0,73	-0,75	-0,68	-0,72
ЖЭ	0	+0,91	-0,47	+0,48	-0,49	-0,51	-0,44	-0,49
QTd	0	0	-0,69	+0,71	-0,73	-0,75	-0,68	-0,72
SDNN	0	0	0	-0,18	+0,19	+0,21	+0,14	+0,19
PNN50	0	0	0	0	-0,16	-0,23	-0,15	-0,20
HF	0	0	0	0	0	+0,24	+0,16	+0,21
LF	0	0	0	0	0	0	+0,18	+0,23
LF/NF	0	0	0	0	0	0	0	+0,16
Контрольная группа (n=35)								
СЭ	+0,82	+0,80	-0,44	-0,55	+0,45	+0,44	+0,44	-0,45
ЖЭ	0	+0,84	-0,48	-0,62	+0,49	+0,47	+0,48	-0,48
QTd	0	0	-0,47	-0,59	+0,48	+0,44	+0,47	-0,48
SDNN	0	0	0	+0,22	-0,10	-0,09	-0,10	+0,10
PNN50	0	0	0	0	-0,23	-0,08	-0,23	+0,22
HF	0	0	0	0	0	+0,09	+0,11	-0,12
LF	0	0	0	0	0	0	+0,09	-0,09
LF/NF	0	0	0	0	0	0	0	-0,11

Примечание: * — в таблице жирным шрифтом выделены показатели со средней (от 0,3 до 0,69) и сильной (от 0,7 до 1,0) корреляционной связью.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета статистических программ “Биостатистика 4.03”. Количественные показатели представлены в виде среднего значения и стандартной ошибки от среднего значения ($M \pm m$), а качественные — в виде доли выборочной совокупности. Статистическую значимость различий между двумя независимыми показателями оценивали с использованием критерия Mann-Whitney (T). Статистическая достоверность считалась доказанной при $p < 0,05$. Коэффициент корреляции (r) отдельных инструментальных показателей оценивали по методу Пирсона [4].

Результаты и обсуждение

У пациентов с органическими поражениями сердечно-сосудистой системы измененные качественные и количественные показатели аритмического синдрома, ВСР, дисперсии интервала QT, циркадного индекса являются системным проявлением дисбаланса, обусловленного поражением отдельных органов и систем и, безусловно, служат в качестве критериев степени тяжести патологических процессов и прогностическими маркерами [1, 2]. В категории лиц, не имеющих органических заболеваний сердечно-сосудистой системы (практически здоровые люди, спортсмены) прослеживается обратная системно-органный связь, характеризующая влияние системного дисбаланса на отдельные органы [2, 9]. Таким образом, вегетативная дисрегуляция сердечно-сосудистых реакций как в рамках органических, так и функциональных измене-

ний, может быть и причиной, и следствием [10]. В изучаемой нами популяции непатологические исходные электрокардиографические показатели (при отсутствии клинических и инструментальных признаков коронарного и миокардиального поражения) оценивались, соответственно, как проявление системного вегетативного дисбаланса на сердечно-сосудистую систему. Проблема устранения вегетативного дисбаланса решается различными способами: медикаментозным и немедикаментозным воздействием на преобладающий симпатический или парасимпатический компонент вегетативной нервной системы; активацией продукции NO через локальное или системное воздействие на сердечно-сосудистую систему; опосредованным уменьшением продукции вазоконстрикторных веществ (эндотелина-1); влиянием на ренин-ангиотензин-альдостероновую систему [11, 12]. Метод электромиостимуляции токами Коца до настоящего времени активно использовался у спортсменов на всех этапах подготовки [5]. В нашей работе этот метод использовался для оценки его воздействия на комплекс электрофизиологических показателей, характеризующих симпатическое и парасимпатическое взаимодействие [10].

Количество НЖЭ в основной и контрольной группах перед проведением ЭМС соответствовало количественным характеристикам редкой экстрасистолии и между группами достоверно не различалось (15,8%; $p > 0,05$). В основной группе к 5 дню проведения ЭМС количество НЖЭ достоверно уменьшилось на 35,0% ($p < 0,001$), а к 10 дню — на 62,0% ($p < 0,001$) от исходного уровня. В контрольной группе к 5-му дню проведения

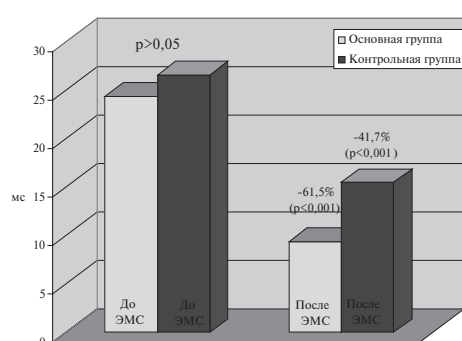


Рис. 1. Динамика количества наджелудочковых и желудочковых экстрасистол в основной и контрольной группах.

ЭМС количество НЖЭ достоверно уменьшилось на 23,0% ($p < 0,05$), а к 10 дню — на 39,3% ($p < 0,001$) от исходного уровня. При сопоставлении количества НЖЭ после проведения ЭМС в основной и контрольной группах обращает на себя внимание достоверно меньшее их количество в основной группе — на 47,3% ($p < 0,001$) по сравнению с контрольной.

Исходные количественные показатели ЖЭ в основной и контрольных группах, также достоверно не различались (14,5%; $p > 0,05$). В основной группе к 5-му дню ЭМС количество ЖЭ уменьшилось недостоверно на 17,5% ($p > 0,05$), а к 10-му дню ЭМС отмечалось достоверное уменьшение ЖЭ на 38,8% ($p < 0,001$). В контрольной группе количество ЖЭ уже к 5-му дню ЭМС достоверно уменьшилось на 27,2% ($p < 0,05$), а к 10 дню ЭМС снижение количества ЖЭ составило 43,0% ($p < 0,001$) от исходного уровня. На протяжении всех контрольных точек исследования количество ЖЭ в основной и контрольной группах достоверно не различалось (рис. 1).

Исходные временные показатели variability сердечного ритма, характеризующие симпатический и парасимпатический компонент вегетативной нервной системы как в основной, так и в контрольной группе, значительно превышали референтные значения. При этом, показатели основной группы по симпатическому и парасимпатическому компоненту достоверно превышали аналогичные показатели контрольной группы соответственно на 24,1% ($p < 0,001$) и 52,9% ($p < 0,001$). Проведение ЭМС не привело к достоверному внутригрупповому и межгрупповому изменению временных показателей ВСР в контрольные точки исследования, за исключением достоверного увеличения парасимпатической составляющей основной группы на 16,6% ($p < 0,05$).

Исходные спектральные показатели ВСР, как и временные, в основной и контрольной группах, также значительно превышали установленные референтные значения, но исходного межгруппового и динамического (на фоне проводимой ЭМС) достоверного различия отмечено не было. Только недостоверное нарастание от одной контрольной точки исследования к другой

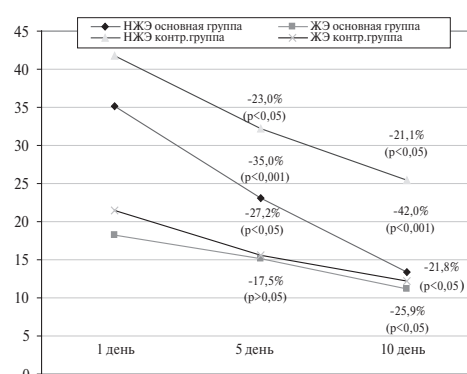


Рис. 2. Динамика дисперсии интервала QT в основной и контрольной группах.

привело к достоверному преобладанию высокого и низкого спектра в основной группе соответственно на 35,6% ($p < 0,05$) и 31,4% ($p < 0,05$), по сравнению с контрольной, к конечной точке исследования. По критерию соотношения высокого и низкого спектра к окончанию ЭМС между группами достоверного различия не получено (табл. 1).

Исходное равнозначное снижение циркадного индекса в обеих группах было обусловлено преобладанием симпатического компонента вегетативной нервной системы в ночное время. Проведение ЭМС как в основной, так и в контрольной группах, привело к устранению дисбаланса день/ночь за счет увеличения влияния парасимпатического компонента в ночное время без достоверного различия этого показателя между группами к последней точке исследования.

Показатель дисперсии интервала QT до проведения ЭМС в обеих группах, находившийся в пределах непатологических значений, достоверно между группами не различался (8,3%; $p > 0,05$). В основной группе к 5-му дню ЭМС достоверное его уменьшение составило 52,5% ($p < 0,001$), а в контрольной — 29,3% ($p < 0,05$); к 10-му дню ЭМС уменьшение QTd составило в основной и контрольной группах соответственно 61,5% ($p < 0,001$) и 41,7% ($p < 0,001$). При этом, практически максимальное достоверно меньшее значение QTd было отмечено в основной группе, по сравнению с контрольной, на 38,3% ($p < 0,001$) уже к 5-му дню ЭМС (рис. 2).

Оценивая динамическую взаимосвязь отдельных изучаемых показателей, характеризующих различные аспекты вегетативного дисбаланса по корреляционному методу Пирсона, обращает на себя внимание наличие сильной и средней степени корреляции (прямой и обратной) только между отдельными показателями (с более сильной степенью корреляции в группе спортсменов) — таких, как наджелудочковые, желудочковые экстрасистолы, дисперсия интервала QT, циркадный индекс, временные и спектральные показатели ВСР (по отдельности). Корреляционная взаимосвязь между временными и спектральными показателями ВСР как в основной, так и контрольной группах, была слабой, что, по-видимому, определяется отображени-

ем ими различных аспектов вегетативного дисбаланса (табл. 2).

Выводы

1. На фоне проведения ЭМС в основной и контрольных группах получено достоверное уменьшение количества наджелудочковых и желудочковых экстрасистол (в рамках исходных непатологических значений) с большим достоверным уменьшением количества наджелудочковых экстрасистол в основной группе к окончанию ЭМС.
2. При сопоставлении исходных временных показателей ВСР отмечено достоверное их преобладание в основной группе. На фоне проведения ЭМС степень достоверного различия временных показателей ВСР основной и контрольной групп уменьшилась за счет более выраженной динамики парасимпатического компонента вегетативной нервной системы.
3. При отсутствии исходного различия спектральных показателей ВСР в исследуемых группах отмечено

достоверное равномерное увеличение показателей высокого и низкого спектра на фоне ЭМС в основной группе.

4. Исходное снижение показателей ЦИ в обеих группах было сопряжено с преобладанием парасимпатического компонента вегетативной нервной системы в ночное время, и на фоне проведения ЭМС отмечалось устранение вегетативного дисбаланса день/ночь за счет активизации симпатического компонента в ночное время в большей степени в основной группе.
5. При оценке динамической взаимозависимости отдельных изучаемых показателей выявлена сильная и умеренная корреляция между нарушениями ритма сердца, дисперсией интервала QT, временной и спектральной вариабельностью сердечного ритма в обеих группах с некоторым преобладанием в основной. При этом, убедительной динамической взаимозависимости временных и спектральных показателей вариабельности сердечного ритма не отмечено.

Литература

1. Антипова О.С. Взаимосвязь вегетативной регуляции с уровнем тревожности и депрессии, характером коммуникативных поведенческих реакций и механизмами психологической защиты больных бронхиальной астмой // Актуальные вопросы психиатрии, наркологии и медицинской психологии. 2004, №6. С.16-19.
2. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клиническая информатика и телемедицина. 2004, №1. С.54-64.
3. Захарова Н.Ю., Михайлов В.П. Физиологические особенности вариабельности ритма сердца в разных возрастных группах // Вестник аритмологии. 2004 (36). С. 23-26.
4. Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. Теория вероятностей и математическая статистика // Москва, 1991. С. 317-320.
5. Коц Я.М. Электростимуляция. Тренировка и восстановление мышечного аппарата, лечение травм у спортсменов: Методические разработки по применению аппарата "Стимул-1" / ГЦИФК. — Москва, 1980. С.29.
6. Коц Я.М. Физиология мышечной деятельности: Учебник для институтов физической культуры // Москва, ФиС. 1982. С. 353-360.
7. Макаров Л.М. Особенности динамики и изменения интервала Q-T при холтеровском мониторинге // Кардиология. 2002, №1. С. 98-102.
8. Пархоменко А.Н., Шумаков А.В., Иркин О.И. Интервал Q-T ЭКГ: значение его дисперсии в качестве маркера аритмогенеза // Кардиология. 2001, №4. С.83-86.
9. Рагозин А.Н. Информативность спектральных показателей вариабельности сердечного ритма // Вестник аритмологии. 2001, №21 С. 37-40.
10. Фролов А.В. Вариабельность и устойчивость — важнейшие свойства сердечно-сосудистой системы // Клиническая информатика и телемедицина. 2005, №1. С. 32-36.
11. Dejana E. Endothelial cell-cell junctions: happy together. Nature Reviews. Molecular Cell Biology, 2004, 5, 261 —270.
12. Grunovas A., Silinskas V. et al. Peripheral and systemic circulation after local dynamic exercise and recovery using passive foot movement and electrostimulation // J. Sports Med. Phys. Fitness. — 2007. — 47(3). — P. 335-343.
13. Hettinga D.M., Andrews B.J. The feasibility of functional electrical stimulation indoor rowing for high-energy training and sport // Neuromodulation. — 2007. — V. 10. — № 3. — P. 291-297.
14. Leijnse J., Carter S., Gupta A., McCabe S. Anatomic basis for individuated surface EMG and homogeneous electrostimulation with neuroprosthesis of the extensor digitorum communis // J. Neurophysiol. — 2008. 100 (1). P. 64-75.
15. Saltin B., Helge J.W. Metabolic capacity of skeletal muscles and health. UgeskrLaeger 2000; 162:59-64.

Abstract

In 72 patients (32 athletes at recovering stage of training and 35 patients with patello-femoral arthrosis), femoral quadriceps muscle was stimulated (Kotz current), to assess the effects on electrocardiographic parameters of vegetative disbalance. After 10 electro-stimulation procedures, there was a significant decrease in the number of supraventricular and ventricular extrasystoles, a reduction in QT interval dispersion (within the range of baseline and dynamic normal values), and an increase in circadian index. No significant change in time and spectral parameters of heart rate variability was observed; however, there was a tendency towards a greater reduction in vegetative disbalance among athletes.

Key words: Athletes, patello-femoral arthrosis, electromyostimulation, supraventricular and ventricular extrasystoles, time and spectral parameters of heart rate variability, vegetative disbalance.

Поступила 29/09 — 2010

© Коллектив авторов, 2010

E-mail: kuwert@yandex.ru

Тел.: 8-905-717-62-47

[Хайретдинова Г.А. — н.с. лаборатории тестирования физической подготовленности, Федулаев Ю.Н. (*контактное лицо) — д.м.н., профессор кафедры факультетской терапии педиатрического факультета, Андреева О.Н. — к.м.н., ассистент кафедры факультетской терапии педиатрического факультета, Арьков В.В. к.м.н., заведующий лабораторией лаборатории тестирования физической подготовленности].