

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-3-58-63>
УДК 616.124-008.3-039.1-073.97:616-001.83

Особенности реакции молодых физически активных мужчин с феноменом ранней реполяризации желудочков на гипоксическую гипоксию

М.В. Кабанов¹, В.Н. Носов¹, М.М. Галагудза²,
А.В. Сизов³, Е.А. Демченко²

¹ Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем» (ФГУП «ГосНИИПП»),
191167, Российская Федерация, Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, 29

² Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации (НМИЦ им. В.А. Алмазова Минздрава России),
197341, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Акkuratова, 2

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации (СПбГПМУ Минздрава России),
194100, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2

Аннотация

Цель исследования: оценка реакции молодых здоровых мужчин с феноменом ранней реполяризации желудочков (ФРР), ведущих физически активный образ жизни, на гипоксическую гипоксию, смоделированную путем ингаляции гипоксической газовой смеси (ИГГС).

Материал и методы. В исследовании приняли участие 17 человек (6 – с ФРР и 11 – без ФРР), которым исходно, на 1-й и 10-й день после ИГГС выполняли электрокардиографию (ЭКГ), эхокардиографию (ЭхоКГ), проводили клинический анализ крови и измеряли концентрацию эритропоэтина в крови.

Результаты. Выявлено, что в группе с ФРР конечный систолический объем (КСО) левого желудочка был в среднем на 13,8% больше, а фракция выброса (ФВ) левого желудочка – в среднем на 8% меньше ($p = 0,01$), чем в группе сравнения. Эти показатели не изменились в ответ на ИГГС. В группе лиц с ФРР по сравнению с испытуемыми без ФРР после ИГГС концентрация эритропоэтина в крови была в среднем выше (на 1-й день – на 79%, $p = 0,027$; на 10-й день – на 64%, $p = 0,003$); содержание ретикулоцитов с высокой флуоресценцией было в среднем больше в 1-й день после ИГГС (на 69%, $p = 0,03$), а содержание ретикулоцитов со средней флуоресценцией было в среднем больше на 10-й день после ИГГС (на 13%, $p = 0,04$); на 10-й день после ИГГС гематокрит и концентрация гемоглобина оказались в среднем ниже на 5% ($p = 0,01$) и 12% ($p = 0,01$) соответственно.

Заключение. Таким образом, у лиц с ФРР отмечается более выраженная активация системы эритропоэза в ответ на нормобарическую гипоксию.

Ключевые слова:	феномен ранней реполяризации, феномены J-волны, гипоксия.
Финансирование:	исследование выполнено за счет собственных средств авторов.
Для цитирования:	Кабанов М.В., Носов В.Н., Галагудза М.М., Сизов А.В., Демченко Е.А. Особенности реакции молодых физически активных мужчин с феноменом ранней реполяризации желудочков на гипоксическую гипоксию. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2024;39(3):58–63. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-3-58-63 .

Reaction of young physically active men with early repolarization phenomena on a cycle of inhalations of a hypoxic gas mixture

Michail V. Kabanov¹, Victor N. Nosov¹, Michail M. Galagudza²,
Anna V. Vyushina¹, Alexey V. Sizov, Elena A. Demchenko²

¹ Federal State Unitary Enterprise "State Science Research Institute of Applied Problems" (FSUE «SSRIAP»),
27, Bypass Chanel embankment, Saint-Petersburg, 191167, Russian Federation

² Federal State Budgetary Institution "Almazov National Medical Research Centre" of the Ministry of Health of the Russian Federation (Almazov National Medical Research Centre),
2, Akkuratova str., Saint-Petersburg, 197341, Russian Federation

³ St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (SPSPMU),
2, Litovskaya str., Saint Petersburg, 194100, Russian Federation

Abstract

Aim: To examine a reaction of young physically active men with early repolarization phenomena (ERP) on an inhalation of a hypoxic gas mixture (IHGM).

Material and Methods. 17 men (6 with ERP & 11 without it) participated in our study. ECG, echocardiography, clinical blood test and erythropoietin blood test were carried out to every of them initially and on the 1-st and 10-th days after the IHGM.

Results. It was found that end systolic volume was 13,8% more ($p = 0,01$) and ejection fraction was 8% less ($p = 0,01$) in ERP group than in non ERP group. These indicators were not change after IHGM. In ERP group on 1-st day after IHGM erythropoietin concentration was 79% more ($p = 0,027$) and on a 10-th day was 64% more ($p = 0,003$) than in non-ERP group. In ERP group high fluorescent reticulocyte count on a 1-st day after IHGM was 69% more ($p = 0,03$) and middle fluorescent reticulocyte count on a 10-th day after IHGM was 13% more ($p = 0,04$) than in non-ERP group. On a 10-th day after IHGM hematocrit and hemoglobin concentration were 5% ($p = 0,01$) and 12% ($p = 0,01$) less than in non ERP group.

Conclusion. Thus, men with ERP have a pronounced reaction of the erythropoiesis system on normobaric hypoxia.

Keywords: early repolarization phenomenon, J-wave abnormalities, hypoxia.

Funding: the research was performed at the expense of own means of authors.

For citation: Kabanov M.V., Nosov V.N., Galagudza M.M., Vyushina A.V., Sizov A.V., Demchenko E.A. Reaction of young physically active men with early repolarization phenomena on a cycle of inhalations of a hypoxic gas mixture. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2024;39(3):58–63. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-3-58-63>.

Введение

Феномен ранней реполяризации желудочков (ФРП) – частая находка на электрокардиограмме у молодых здоровых и физически активных мужчин [1]. Длительное время считалось, что эта аномалия является вариантом нормы и никак не влияет на внутрисердечную гемодинамику и работоспособность [2, 9]. За последние десятилетия появились работы, указывающие на относительное увеличение у лиц с ФРП по сравнению с лицами без ФРП конечного систолического размера (КСР), а также снижение фракции выброса (ФВ), диастолического наполнения левого желудочка, минутного объема кровообращения (МОК) и максимального потребления кислорода (МПК), по данным эхокардиографии (ЭхоКГ) и кардиореспираторного нагрузочного тестирования [3, 4].

В то же время имеется работа, в которой при обследовании спортсменов не выявлено никаких различий размеров полостей, ударного объема или ФВ у лиц с ФРП и

без него [5]. Более того, авторами было продемонстрировано, что, несмотря на одинаковый спортивный стаж, атлеты с ФРП имели более высокую аэробную тренированность, оцененную по величине МПК в пересчете на килограмм массы тела (но не в абсолютных величинах), меньшую жировую массу и более высокую концентрацию гемоглобина [5]. При этом в другом исследовании, включавшем молодых здоровых мужчин с различной физической работоспособностью в рамках высокой (не спортсменов), наоборот, у лиц с ФРП было выявлено снижение МПК и МОК, однако это оказалось возможным лишь после устранения различий в антропометрических, спирометрических, гематологических показателях и показателях тренированности [4]. Анализ этого противоречия позволил предположить, что повышение концентрации гемоглобина, обнаруженное М. Копорка и соавт. [5], является компенсаторным по отношению к снижению МОК. Возможным подтверждением этого служит активация гемопоза и гемодилюция, маскирующая рост концентрации

гемоглобина у физически активных мужчин с ФРП. Возможно, носители ФРП из-за снижения резервов МОК во время физической нагрузки испытывают большую степень гипоксии, чем люди без ФРП, что приводит к активации гемопозза.

В нашей стране апробирован и применяется способ дыхания гипоксической газовой смесью (ГГС) с использованием масочной системы. Его важным преимуществом является возможность безопасного использования ГГС с концентрацией кислорода 9–10%, что позволяет сократить курс ингаляций, во время которого повышается физическая и умственная работоспособность, происходит подготовка организма к выживанию в экстремальных условиях [7]. Для адаптации к условиям гипоксической гипоксии, как и для адаптации к физической нагрузке, требуется увеличение сердечного выброса, которое у лиц с ФРП может быть ограничено. О верности последнего предположения может свидетельствовать оценка реакции кислородтранспортной системы на гипоксическую гипоксию, смоделированную путем вдыхания ГГС, которая у лиц с ФРП по сравнению с лицами без ФРП, в соответствии с изложенной гипотезой, должна оказаться более выраженной.

Цель исследования: оценка реакции системы гемопозза молодых здоровых мужчин с ФРП, ведущих активный образ жизни, на гипоксическую гипоксию, смоделированную путем ингаляции ГГС.

Материал, дизайн и методы исследования

В исследовании приняли участие 17 физически активных здоровых молодых мужчин в возрасте от 20 до 35 лет (средний возраст – $27,8 \pm 5,4$ года). Все участники были членами одного трудового коллектива и имели одинаковый уровень ежедневной физической активности. Критериями включения в группу были: мужской пол, возраст от 18 до 35 лет, высокий уровень физической активности (по данным опроса), отсутствие острых и хронических заболеваний, подписанное информированное согласие на участие в исследовании и использование персональных и медицинских данных в научных целях. Критериями исключения из исследования были: отказ от участия в исследовании, наличие вредных привычек (курение, употребление алкоголя, наркотических и психотропных веществ), профессиональные вредности (работа с пылью, дымом, летучими химическими веществами), острые и хронические заболевания.

В 1-й день исследования все участники после осмотра врачами (кардиологом и терапевтом), инструментального и лабораторного обследования (измерение роста, массы тела, ЭКГ, ЭхоКГ, спирометрия, клинический анализ крови, анализ крови на концентрацию эритропоэтина) проходили гипоксическое тестирование по стандартной методике. Со 2-го по 9-й дни исследования всем участникам проводили 30-минутные ингаляции ГГС, содержащей 9% кислорода, производившейся гипоксикатором «Эверест» (ООО «Климби», Российская Федерация). В 1-й и 10-й дни после окончания цикла ингаляций выполняли обследование, по объему соответствующее исходному.

На основании ЭКГ покоя всех включенных в исследование лиц (17 человек) разделили на 2 группы: основная группа – с ФРП (6 человек) и группа контроля – без ФРП (11 человек). ФРП диагностировали, согласно рекомендациям Международной конференции экспертов в области синдромов J-волны при участии APHRS/EHRA/HRS/

SOLAECE [5], и классифицировали по I. Antzelevitch и H. Yan (2010).

Антропометрия включала в себя измерение роста и определение массы тела, выполнявшиеся согласно ГОСТ 526 23.1 – 2008.

Забор крови производили согласно ГОСТ 52623.4 – 2015 с помощью вакуумной системы Vacuette (компания «Greiner bio-one», Австрия) с использованием заранее промаркированных пробирок, содержащих «K3EDTA» или гель и активатор свертывания крови. Клинический анализ крови выполняли с помощью автоматического гематологического анализатора «Sismex XT-4000i» (Sismex corporation, Япония) в строгом соответствии с инструкцией производителя, в течение не более чем 20 мин от момента забора крови. Ежедневно перед началом работы проводили внутрилабораторный контроль, один раз в год – Федеральный контроль. Оценку скорости оседания эритроцитов по Вестергрэну осуществляли ручным методом с использованием специальной вакуумной пробирки, заранее заполненной цитратом натрия и штатива «Vacuette» со шкалой (Greiner bio-one, Австрия). Пробирки с гелем и активатором свертывания инкубировали в течение 30 мин при комнатной температуре, после чего центрифугировали. Полученную сыворотку замораживали и отправляли в лабораторную службу НПФ «Хеликс» для анализа на концентрацию эритропоэтина методом ИФА.

Спирометрию с маневрами определения жизненной емкости легких и форсированной жизненной емкости легких выполняли с использованием спирометрической системы «Oxycan Pro» (ErichJaeger, ФРГ).

Эхокардиографию выполняли с помощью аппарата «Mindray MD5» (Mindray, КНР) датчиком 4,5 МГц в затемненном помещении. Оценку систолической функции миокарда осуществляли по методике Тэйхольца [9].

Для оценки чувствительности к гипоксии всем участникам выполняли гипоксическую пробу с 10-минутной ингаляцией газовой смесью, содержащей 10% кислорода, производившейся гипоксикатором Эверест (ООО «Климби», Российская Федерация). Контроль артериального давления (АД) (с помощью механического тонометра) осуществляли непосредственно перед началом и на 1-й мин после окончания ингаляции. Частоту сердечных сокращений (ЧСС) и насыщение гемоглобина кислородом регистрировали каждую минуту с помощью пульсоксиметра Nonin Onyx (Nonin Inc США). Лица, имевшие сатурацию гемоглобина ниже 70%, признавались неустойчивыми к гипоксии.

Всем участникам выполняли ежедневные 30-минутные ИГГС, содержащей 9% кислорода, с контролем ЧСС, АД, сатурации – перед ингаляцией, во время ее проведения (каждые 5 мин) и по завершении ИГГС. Методы контроля гемодинамических показателей и насыщения гемоглобина кислородом были такими же, как и при проведении гипоксической пробы.

Полученные данные заносили в электронную таблицу, после чего проверяли нормальность их распределения с помощью критерия Шапиро – Уилка. Количественные показатели с нормальным распределением представляли средним значением и стандартным отклонением, $M \pm SD$, для показателей с распределением, отличным от нормального, использовали медиану (Me) и межквартильный промежуток [$Q1$; $Q3$].

Для оценки статистической значимости различий показателей в группах в случае нормального распреде-

ления данных использовали однофакторный дисперсионный анализ, а при отсутствии нормального распределения данных – критерий Манна – Уитни (различия считали статистически значимыми при $p\text{-value} \leq 0,05$).

Результаты

По данным ЭКГ участников исследования, длительность и амплитуда зубцов, интервалов и сегментов находились в пределах референсных значений. Четверо испытуемых имели ФРР 1-го типа, у двух испытуемых выявили ФРР 2-го типа. Антропометрические и спирометрические данные испытуемых с ФРР и без него статистически значимо не отличались (табл. 1).

Таблица 1. Антропометрические и спирометрические показатели участников исследования

Table 1. Anthropometrical and spirometrical data of participants

Показатели	С ФРР, $n = 6$	Без ФРР, $n = 11$	p
Возраст, лет	29,2 [23,5; 35,4]	26,3 [26,1; 30,9]	0,23
Рост, см	174,1 [167,2; 183,5]	175,2 [171,2; 183,7]	0,59
Масса тела, кг	78,4 [72,6; 88,0]	83,0 [71,3; 87,1]	0,31
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ), л	5,5 ± 0,6	5,7 ± 0,8	0,46
Форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), л	5,4 ± 0,8	5,0 ± 0,6	0,83
Объем форсированного выдоха за 1 с, л	4,6 ± 0,5	4,4 ± 0,6	0,63

Показатели ЭхоКГ приведены в таблице 2. Как видно из представленных данных, в группе с ФРР КДР был в среднем на 13,8% больше ($p = 0,01$), а ФВ левого желудочка – на 8% меньше, чем в группе без ФРР ($p = 0,01$).

Таблица 2. Показатели эхокардиографии участников

Table 2. Echocardiographic data of participants

Показатели	С ФРР	Без ФРР	p
Частота сердечных сокращений, мин ⁻¹	65,0 ± 9,4	67,8 ± 10,2	0,48
Толщина межжелудочковой перегородки, мм	7,0 ± 1,1	6,8 ± 0,9	0,59
Толщина задней стенки левого желудочка, мм	6,9 ± 1,1	6,7 ± 0,6	0,59
Конечный систолический размер, см	3,45 ± 0,3	2,97 ± 0,3	0,01
Конечный диастолический размер, см	5,57 ± 0,3	5,2 ± 0,6	0,17
Ударный объем левого желудочка, мл	102,9 ± 13,1	96,4 ± 29,9	0,31
Фракция выброса левого желудочка, %	67,6 ± 4,8	73,6 ± 5,4	0,01

Результаты гипоксического теста представлены в таблице 3. Значимых различий показателей гипоксического теста не отмечалось.

Значимых различий ЧСС, АД и сатурации в процессе проведения ИГГС не выявлено.

Для оценки адаптации организма испытуемых к гипоксии было выполнено сравнение уровня эритропоэтина в крови испытуемых обеих групп до и после цикла гипоксических тренировок (табл. 4).

Из представленных данных видно, что исходно концентрация эритропоэтина в обеих группах не различалась, однако на фоне ИГГС уровень эритропоэтина

в группе с ФРР был в среднем статистически значимо выше, чем в группе без ФРР: в 1-й день после ИГГС – на 79% ($p = 0,027$), а на 10-й день – на 64% ($p = 0,003$).

Таблица 3. Результаты гипоксического теста

Table 3. Hypoxic test results

Время измерения	Частота сердечных сокращений			Насыщение гемоглобина кислородом		
	с ФРР	без ФРР	p	с ФРР	без ФРР	p
Фон	77,8 ± 12,8	74,8 ± 8,0	0,54	97,7 ± 0,9	98,0 ± 1,1	0,93
1 мин	85,6 ± 10,1	82,5 ± 15,0	0,15	88,5 ± 2,6	84,7 ± 5,2	0,86
2 мин	92,9 ± 7,7	90,8 ± 9,0	0,62	83,7 ± 2,7	82,7 ± 5,4	0,76
3 мин	96,9 ± 9,4	92,2 ± 10,9	0,58	81,7 ± 4,7	80,7 ± 6,1	0,63
4 мин	92,6 ± 11,5	93,5 ± 10,9	0,53	80,2 ± 6,5	81,0 ± 7,2	0,81
5 мин	95,1 ± 13,0	93,8 ± 13,0	0,96	80,3 ± 6,8	79,5 ± 5,6	0,76
6 мин	96,7 ± 7,5	93,8 ± 12,6	0,49	77,9 ± 6,4	79,8 ± 7,9	0,83
7 мин	101,0 ± 10,6	90,7 ± 9,6	0,18	79,8 ± 8,1	79,7 ± 7,9	0,81
8 мин	96,5 ± 12,5	91,3 ± 8,9	0,22	78,9 ± 8,6	78,2 ± 8,7	0,87
9 мин	97,8 ± 10,3	92,2 ± 9,7	0,32	78,5 ± 7,6	78,3 ± 9,3	0,67
10 мин	95,7 ± 12,0	93,0 ± 8,8	0,63	80,2 ± 7,6	79,0 ± 9,5	0,79

Таблица 4. Концентрация эритропоэтина в крови испытуемых с феноменом ранней реполяризации желудочков и без него

Table 4. Blood erythropoietin concentration of participants with ERP and without it

Показатели	День исследования	С ФРР	Без ФРР	p
Концентрация эритропоэтина в цельной крови, мМЕ/мл	Исходно	9,9 ± 4,1	8,5 ± 2,7	0,22
	1-й день исследования	15,1 ± 5,9	8,4 ± 1,8	0,027
	10-й день исследования	18,5 ± 4,6	11,2 ± 2,1	0,003

Динамика гематологических показателей представлена в таблице 5.

Таблица 5. Динамика гематологических показателей участников

Table 5. The dynamic of hematological data

Показатели	День исследования	С ФРР	Без ФРР	p
Количество эритроцитов в 1 литре, 10 ¹² /л	Исходно	5,0 [4,7; 6,0]	5,2 [5,0; 5,4]	0,52
	1-й день	4,7 [4,4; 5,9]	5,2 [4,7; 5,3]	0,40
	10-й день	4,1 [3,9; 5,2]	4,6 [4,5; 4,9]	0,26
Концентрация гемоглобина, г/л	Исходно	147,5 [143,5; 156,8]	156,0 [145,0; 161,0]	0,18
	1-й день	141,0 [135,5; 153,5]	155,0 [137,0; 158,0]	0,18
	10-й день	124,3 [122,8; 129,5]	141,0 [131,0; 144,0]	0,01
Гематокрит, %	Исходно	45,1 [43,4; 47,9]	47,2 [43,9; 48,1]	0,59
	1-й день	42,9 [40,4; 46,1]	45,2 [41,3; 48,3]	0,26
	10-й день	39,2 [37,7; 40,2]	42,6 [39,9; 44,3]	0,01
Количество ретикулоцитов в 1 литре, 10 ⁹ /л	Исходно	64,8 [48,8; 106,2]	82,4 [62,5; 97,6]	0,40
	1-й день	65,2 [52,9; 132,7]	80,4 [61,7; 95,4]	0,73
	10-й день	46,1 [37,7; 93,3]	58,5 [52,3; 71,1]	0,22

Окончание табл. 5
End of table 5

Показатели	День исследования	С ФРР	Без ФРР	<i>p</i>
Относительное содержание ретикулоцитов, %	Исходно	1,3 [1,0; 1,9]	1,6 [1,2; 1,8]	0,40
	1-й день	1,4 [1,2; 2,3]	1,5 [1,3; 1,8]	0,81
	10-й день	1,1 [0,9; 1,6]	1,3 [1,1; 1,5]	0,26
Фракция незрелых ретикулоцитов, %	Исходно	10,3 [6,9; 14,3]	9,2 [7,3; 12,9]	0,81
	1-й день	12,1 [8,5; 16,5]	10,3 [5,9; 13,4]	0,40
	10-й день	7,6 [6,0; 14,4]	7,1 [6,7; 8,5]	0,79
Фракция ретикулоцитов с низкой флюоресценцией, %	Исходно	89,7 [85,7; 93,1]	90,8 [87,1; 92,7]	0,81
	1-й день	88,0 [83,6; 91,5]	89,7 [86,6; 94,1]	0,40
	10-й день	92,4 [85,6; 94,0]	93,0 [91,2; 94,1]	0,79
Фракция ретикулоцитов со средней флюоресценцией, %	Исходно	8,3 [5,7; 10,5]	7,6 [6,7; 10,0]	1,00
	1-й день	9,1 [7,0; 12,1]	9,0 [5,4; 10,1]	0,66
	10-й день	6,9 [5,8; 9,6]	6,1 [4,8; 7,2]	0,04
Фракция ретикулоцитов с высокой флюоресценцией, %	Исходно	2,1 [1,4; 3,9]	1,6 [0,7; 2,5]	0,46
	1-й день	2,2 [1,5; 5,7]	1,3 [0,7; 2,2]	0,03
	10-й день	1,2 [0,2; 4,7]	0,9 [0,6; 1,1]	0,71

Как видно из представленных данных, если до ИГГС значимые различия отсутствовали, то в 1-й день после окончания цикла в группе с ФРР содержание ретикулоцитов с высокой флюоресценцией было в среднем больше на 69% ($p = 0,03$), а на 10-й день после ингаляции содержание ретикулоцитов со средней флюоресценцией в группе с ФРР было в среднем больше на 13% ($p = 0,04$), чем в группе без ФРР. Эти различия, вероятно, связаны с различиями в концентрации эритропоэтина.

К 10-му дню отмечалась гемодилюция: в группе с ФРР гематокрит и концентрация гемоглобина были в среднем ниже, чем в группе без ФРР на 5% ($p = 0,01$) и 12% ($p = 0,01$) соответственно.

Обсуждение

В нашем исследовании мы обнаружили, что в группе молодых, физически активных мужчин с ФРР, несмотря на отсутствие различий в антропометрических данных, имеются отличия внутрисердечной гемодинамики, а именно увеличение КСО и снижение ФВ по сравнению с испытуемыми без ФРР. Это согласуется с литературными данными, как нашими [4], так и полученными А.Л. Бобровым и С.А. Бойцовым [3]. Однако в работе М. Копорка и соавт. различий в показателях внутрисердечной гемодинамики между спортсменами с ФРР и без него обнаружено не было [5]. Вероятнее всего, это связано с различиями групп, обследованных в аспекте их тренированности. Так, М. Копорка и соавт. [5] обследовали спортсменов национальных сборных; в нашем исследовании [4] участвовали не спортсмены, но здоровые молодые мужчины, не имеющие хронических заболеваний, с высоким, хотя и различным, уровнем работоспособности; в исследовании А. Л. Боброва и С. А. Бойцова [3] принимали участие пациенты, страдающие различными хроническими заболеваниями.

Различия групп также могут быть связаны с генетической гетерогенностью ФРР. У лиц с ФРР выявлены полиморфизмы целого ряда калиевых и натриевых каналов,

прямо не вовлеченных в электромеханическое сопряжение [9]. В исследовании, в котором мы наблюдали снижение показателей аэробной работоспособности при устранении антропометрических, гематологических различий и различий тренированности, был один доброволец с показателями, не отличавшимися от его «пары» [4]. Это позволяет говорить о том, что ФРР не должен считаться показателем к ограничению допуска к какой-либо деятельности, но, скорее, являться поводом для углубленного обследования.

В группе с ФРР, несмотря на отсутствие фоновых различий ЧСС, сатурации и АД при гипоксическом тестировании и ИГГС, концентрация эритропоэтина в плазме крови в 1-й день после ИГГС оказалась больше, чем в группе без ФРР. Эти различия сохранялись и на 10-й день после окончания цикла ИГГС. Помимо собственно различий реакции на цикл ИГГС эти различия могли быть связаны с высоким уровнем физической активности участников исследования.

Более высокий уровень эритропоэтина плазмы крови в группе с ФРР, вероятнее всего, был связан с ограничением МОК. Повышение МОК является одним из механизмов адаптации к гипоксии, так как позволяет увеличить количество «обращений» крови через легкие и, следовательно, ускорить ее оксигенацию. У лиц с ФРР оно ограничено, что препятствует полноценной реализации этого механизма.

В обеих группах происходила гемодилюция, однако в группе с ФРР она была более выражена, и к 10-му дню после цикла эти различия достигали степени статистической значимости. В этом исследовании концентрация гемоглобина в крови молодых здоровых мужчин с ФРР и без ФРР не отличались. Отличия отсутствовали и после коррекции данных на уровень гематокрита. Эти данные отличаются от полученных нами в предыдущей работе, в которой мы наблюдали повышение уровня гемоглобина, маскируемое гемодилюцией. Различия результатов этих двух исследований, вероятно, могут быть объяснены различиями в размерах групп и их составе. Мы предполагаем, что в обоих случаях гемодилюция была связана с большей степенью активации симпатической нервной системы у лиц с ФРР, которая в свою очередь активирует ренин-ангиотензин-альдостероновую систему, что и приводит к задержке жидкости. Об этом также косвенно свидетельствует больший уровень ЧСС на пике нагрузки у лиц с ФРР по сравнению с лицами без ФРР [4]. Большая степень активации симпатической нервной системы, в свою очередь, вероятно, носит компенсаторный характер и является вторичной по отношению к снижению МОК у лиц с ФРР.

Ограничением нашего исследования является малая численность участников, а также отсутствие среди них лиц с ФРР 3-го типа. Они были отобраны так, что имели одинаковый уровень физической работоспособности и одинаковый тип профессиональной деятельности.

Заключение

В проведенном исследовании у молодых здоровых и физически активных мужчин с ФРР мы выявили более выраженную активацию эритропоэза в ответ на гипоксическую гипоксию, смоделированную с помощью цикла ИГГС (более высокое содержание в крови эритропоэтина и ретикулоцитов на 1-й и 10-й дни после окончания цикла ИГГС) по сравнению с молодыми, физически активными мужчинами без ФРР. Возможной причиной может быть относительная систолическая дисфункция левого желудочка у участников исследования с ФРР, проявлявшаяся в большем КСР и меньшей ФВ по сравнению с лицами без ФРР.

Литература / References

1. Чичкова М.А., Светличкина А.А., Ковалева Н.А. Электрокардиографический синдром ранней реполяризации желудочков как прогностический критерий аритмий сердца у профессиональных спортсменов. Инновационные технологии в науке и образовании. Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары, 27 марта 2016 г.; в 2 т. Чебоксары: Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2016;1(5):83–86.
Chichkova M.A., Svetlichkina A.A., Kovaleva N.A. Electrocardiographic early repolarization syndrome as predictive criterion of arrhythmias of heart at professional athletes. Innovative technologies in science and education. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference. Cheboksary, March 27, 2016; at 2 vol. Cheboksary: Center for scientific cooperation "Interactive plus"; 2016;1(5):83–86. (In Russ.).
2. Лиманкина И.Н. Диагностическое значение J-волны. Медицина неотложных состояний. 2013;1(48):41–48.
Limankina I.N. Diagnostic value of J-wave. *Emergency medicine*. 2013;1(48):41–48.
3. Бобров А.Л., Бойцов С.А. Состояние центральной гемодинамики при синдроме ранней реполяризации. Вестник аритмологии. 2001;22(30):30–33.
Bobrov A.L., Boytsov S.A. State of central hemodynamics in early repolarization syndrome. *Journal of Arrhythmology*. 2001;22(30):30–33. (In Russ.).
4. Кабанов М.В., Носов В.Н., Галагудза М.М., Демченко Е.А. Аэробная

физическая работоспособность здоровых молодых мужчин с феноменом ранней реполяризации. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2021;41(2):92–100.

- Kabanov M.V., Nosov V.N., Galagudza M.M., Demchenko E.A. Aerobic exercise capacity of healthy young men with the early repolarization phenomenon. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2021;41(2):92–100. (In Russ.). DOI: 10.18699/SSMJ20210213.
5. Konopka M., Burkhard-Jagodzińska K., Anioł-Strzyżewska K., Kryl W., Klusiewicz A., Chwalbińska A. et al. Prevalence and determinants of the early repolarisation pattern in a group of young high endurance rowers. *Kardiol. Pol.* 2016;74(3):289–299. DOI: 10.5603/KP.a2015.0133.
10. Горанчук В.В., Сапов Н.И., Иванов А.О. Гипокситерапия. СПб.; 2003:536.
Goncharuk V.V., Sapov N.I., Ivanov A.O. Hypoxitherapia. Saint-Petersburg; 2003:536.
11. Antzelevitch C., Yan G.-X., Ackerman M.J., Borggrefe M., Corrado D., Guo J. et al. J-Wave syndromes expert consensus conference report: Emerging concepts and gaps in knowledge. *Europace*. 2017;19(4):670. DOI: 10.1016/j.hrthm.2016.05.024.
12. Badano L.P., Kolias T.J., Muraru D., Abraham T.P., Aurigemma G., Edwardsen T. et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task-Force to standardize deformation imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2018;19(6):591–600. DOI: 10.1093/ehjci/ey042.

Информация о вкладе авторов

Кабанов М.В. выполнил все описанные исследования, за исключением ЭхоКГ, написал первую версию текста исследования.

Носов В.Н., Галагудза М.М. приняли активное участие в планировании исследования.

Сизов А.В., Демченко Е.А. приняли участие в написании текста и глубокой его переработке.

Information on author contributions

Kabanov M.V. performed all described researches except for EHOKG and wrote the first version of the article.

Nosov V.N. and Galagudza M.M. took active part in research planning.

Sizov A.V. and Demchenko E.A. took part in writing of the text and its deep processing.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors do not declare a conflict of interest.

Сведения об авторах

Кабанов Михаил Владимирович, старший научный сотрудник, ФГУП «ГосНИИПП», Санкт-Петербург, <https://orcid.org/0000-0001-8573-8167>.

E-mail: 431sector@gosniipp.ru.

Носов Виктор Николаевич, д-р мед. наук, главный научный сотрудник, ФГУП «ГосНИИПП», Санкт-Петербург.

E-mail: 43nil@gosniipp.ru.

Галагудза Михаил Михайлович, д-р мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН, директор Института экспериментальной медицины, главный научный сотрудник, НИО микроциркуляции и метаболизма миокарда, заведующий кафедрой патологии, Институт медицинского образования, НМИЦ им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург, <https://orcid.org/0000-0001-5129-9944>.

E-mail: galagudza@almazovcentre.ru.

Сизов Алексей Викторович, канд. мед. наук, доцент, кафедра факультетской терапии имени профессора В.А. Вальдмана, СПбГПМУ Минздрава России, Санкт-Петербург.

E-mail: avsizov@inbox.ru.

Демченко Елена Алексеевна, д-р мед. наук, главный научный сотрудник, НИЛ реабилитации, руководитель научно-клинического объединения реабилитации; профессор кафедры внутренних болезней, Институт медицинского образования, НМИЦ им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург, <https://orcid.org/0000-0002-7173-0575>.

E-mail: demchenko_ea@almazovcentre.ru.

✉ **Кабанов Михаил Владимирович**, e-mail: 431sector@gosniipp.ru.

Information about the authors

Mikhail V. Kabanov, Senior Research Scientist, FSUE "SSRIAP", Saint-Petersburg, <https://orcid.org/0000-0001-8573-8167>.

E-mail: palidum@mail.ru.

Victor N. Nosov, Dr. Sci. (Med.), Chief Research Scientist, FSUE "SSRIAP", Saint-Petersburg.

E-mail: 43nil@gosniipp.ru.

Mikhail M. Galagudza, Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of RAS, Director of the Institute of Experimental Medicine; Chief Research Scientist, Institute of Microcirculation and Myocardial Metabolism; Head of the Department of Pathology, Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Centre, Saint-Petersburg, <https://orcid.org/0000-0001-5129-9944>.

E-mail: galagudza@almazovcentre.ru.

Alexey V. Sizov, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Faculty Therapy named after V.A. Waldman, SPSPMU, Saint-Petersburg.

E-mail: avsizov@inbox.ru.

Elena A. Demchenko, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, NIL Rehabilitation, Head of Scientific and Clinical Association of Rehabilitation; Professor, Department of Internal Diseases, Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Centre, Saint-Petersburg, <https://orcid.org/0000-0002-7173-0575>.

E-mail: demchenko_ea@almazovcentre.ru.

✉ **Mikhail V. Kabanov**, e-mail: palidum@mail.ru.

Поступила 05.09.2023;
рецензия получена 11.12.2023;
принята к публикации 24.01.2024.

Received 05.09.2023;
review received 11.12.2023;
accepted for publication 24.01.2024.