

## Аэробная физическая работоспособность здоровых молодых мужчин с феноменом ранней реполяризации

М.В. Кабанов<sup>1</sup>, В.Н. Носов<sup>1</sup>, М.М. Галагудза<sup>2</sup>, Е.А. Демченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем  
191167, г. Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, 29

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова Минздрава России  
197341, г. Санкт-Петербург, ул. Акkuratova, 2

### Резюме

Данные о работоспособности лиц с феноменом ранней реполяризации (ФРП) противоречивы. Цель исследования – изучение аэробной физической работоспособности лиц с ФРП. **Материал и методы.** В исследование включены 536 здоровых мужчин в возрасте 18–45 лет, не имеющих противопоказаний к выполнению нагрузочного теста по данным физикального, лабораторного и инструментального обследования (ЭКГ, спирометрия, эхокардиография, клинический анализ крови) и достигших максимального потребления кислорода при проведении спироэргометрии. Сравнительный анализ показателей физической работоспособности проводился в группах, сформированных на основании данных ЭКГ: основная (113 человек с ФРП) и контрольная (423 лица без ФРП). **Результаты.** В группе с ФРП максимальное потребление кислорода, минутный объем кровообращения, кислородный пульс и ударный объем на пике нагрузки были ниже, чем в группе без ФРП, соответственно на 5,8 % ( $p=0,03$ ), 9,2 % ( $p=0,05$ ), 7,2 % ( $p=0,01$ ) и 8,9 % ( $p=0,04$ ). Сравнение данных эхокардиографии показало, что у людей с ФРП конечный систолический размер левого желудочка оказался на 12,6 % больше, чем в группе без ФРП ( $p=0,03$ ). Описанные различия были выявлены только после устранения влияния антропометрических, спирометрических и лабораторных показателей. **Заключение.** У лиц с ФРП выявлено снижение минутного объема кровообращения во время физической нагрузки, что может быть связано с относительным ухудшением систолической функции левого желудочка.

**Ключевые слова:** кардиопульмональное нагрузочное тестирование, спироэргометрия, феномен ранней реполяризации, аномалии J-волны, аэробная физическая работоспособность.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Автор для переписки:** Кабанов М.В., e-mail pallidum@mail.ru

**Для цитирования:** 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. doi: 10.18699/SSMJ20210213

## Aerobic exercise capacity of healthy young men with the early repolarization phenomenon

M.V. Kabanov<sup>1</sup>, V.N. Nosov<sup>1</sup>, M.M. Galagudza<sup>2</sup>, E.A. Demchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> State Science Research Institute of Applied Problems  
191167, Saint-Petersburg, Obvodnogo kanala emb., 27

<sup>2</sup> Almazov National Medical Research Centre of Minzdrav of Russia  
197341, Saint-Petersburg, Akkuratov str., 2

### Abstract

Data on the performance of individuals with the early repolarization phenomenon (ERP) are contradictory. Aim of the study was to investigate the aerobic physical performance of individuals with ERP. Material and methods. 536 healthy men aged 18–45 years, who do not have contraindications to perform a load test according to physical, laboratory and instrumental examination (ECG, spirometry, echocardiography, clinical blood analysis), and who reached the  $VO_{2max}$

during cardiopulmonary exercise testing were included in the study. We compared physical performance of groups formed on the basis of ECG data: the main group - persons with ERP (113 people) and the control group - persons without ERP (423 people). Results. In the group with ERP, the  $\text{VO}_2\text{max}$ , cardiac output, oxygen pulse and stroke volume at peak load were lower than in the group without ERP, by 5.8 % ( $p=0.03$ ), 9.2 % ( $p=0.05$ ), 7.2 % ( $p=0.01$ ) and 8.9 % ( $p=0.04$ ). When compared to echocardiography data, the final systolic size of the left ventricle in the group with ERP was 12.6 % larger than in the group without ERP ( $p=0.03$ ). Conclusion. In individuals with ERP, a decrease in cardiac output was detected, which may be associated with a relative deterioration in left ventricle systolic function and may affect the aerobic physical performance. The described differences were revealed only after removing the influence of anthropometric, spirometric and laboratory indicators.

**Key words:** cardio-pulmonary exercise testing, cardiopulmonary exercise testing, early repolarization phenomenon, J-wave abnormalities, aerobic exercise capacity.

**Conflict of interests.** Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

**Correspondence author:** Kabanov M.V., e-mail pallidum@mail.ru

**Citation:** Kabanov M.V., Nosov V.N., Galagudza M.M., Demchenko E.A. Aerobic exercise capacity of healthy young men with the early repolarization phenomenon. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2021; 41 (2): 92–100. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20210213

## Введение

Частота встречаемости феномена ранней реполяризации (ФРП) в общей популяции составляет 2–10 %. Чаще он обнаруживается у мужчин, чем у женщин (например, в возрастной группе от 18 до 30 лет – соответственно в 21,8 и 8,4 % случаев), у молодых людей (в возрастных группах 15–20 и старше 60 лет – соответственно в 25,3 и 2,1 % случаев) и у лиц с высоким тонусом парасимпатической нервной системы [1–3].

Возможными причинами ФРП считаются дисфункция вегетативной нервной системы [4], неравномерная гипертрофия слоев миокарда [5], аномально глубокое внедрение волокон Пуркинье в субэпикардальный слой миокарда [6], генетически обусловленные нарушения работы ионных каналов мембран кардиомиоцитов. С J-волной – волной Осборна (Osborn wave), одним из возможных ЭКГ-проявлений ФРП, наиболее часто ассоциированы полиморфизмы генов кальциевых каналов L-типа (*CACNA1C*, *CACNB2*, *CACNA2D*, *CACNB2b*), сопровождающиеся изменениями структуры кодируемых белков и снижением количества ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , входящих в клетку во время потенциала действия [7, 8]; поступая в саркоплазму по каналам L-типа при деполяризации мембраны, они служат триггером для высвобождения из саркоплазматического ретикулума миоцитов через риаудиновые рецепторы основного, существенно большего количества ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , которые и запускают сокращение. Уменьшение количества ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , поступающих по каналам L-типа, может приводить к мобилизации меньшего количества саркомеров и снижению силы сокращений. Токи через кальциевые каналы L-типа усиливаются адреналином и адреналиномиметиками [9].

В 2001 г. А.Л. Бобров и С.А. Бойцов обнаружили, что у лиц с ФРП по сравнению с лицами без него отмечается «относительное ухудшение функции расслабления левого желудочка и снижение показателей систолической функции на фоне гипердинамического состояния миокарда» [10].

Аэробная физическая работоспособность (АФР) может быть определена двумя путями. Во-первых, АФР можно трактовать как выносливость – способность длительно выполнять повторяющиеся движения против сопротивления. Во-вторых, под АФР нередко понимают кардиореспираторные возможности – способность дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а также системы крови длительно обеспечивать доставку кислорода к большим группам скелетных мышц [11]. Сердечно-сосудистая, дыхательная системы и система крови могут быть объединены в единую кислородтранспортную систему. Снижение эффективности работы любого из ее звеньев, например, ухудшение систолической функции левого желудочка (ЛЖ), способно отрицательно сказываться на АФР [11].

Исследования АФР лиц с ФРП немногочисленны, при этом, по мнению большинства ученых, при физической нагрузке его проявления становятся менее выраженными или исчезают [12]. Подробно изучавшие влияние ФРП на АФР М. Копорка et al. выявили, что, несмотря на одинаковый спортивный стаж, спортсмены с ФРП смогли добиться более высоких показателей АФР – большего максимального потребления кислорода (МПК) в пересчете на килограмм массы тела по сравнению со спортсменами без ФРП [13]. Однако в данной работе не учитывалась концентрация гемоглобина (одного из звеньев кис-

лородтранспортной системы) и масса жировой ткани, что могло обусловить выявленные различия в МПК.

Таким образом, в литературе, с одной стороны, имеются данные об относительном снижении систолической функции ЛЖ у лиц с ФРР [10], что, как сказано выше, может отрицательно сказываться на АФР, а с другой – данные М. Конорка et al. [13] об увеличении АФР спортсменов при наличии у них ФРР. Таким образом, данные об АФР у лиц с ФРР противоречивы и нуждаются в уточнении, во-первых, в связи с высокой частотой его встречаемости среди мужчин работоспособного возраста; во-вторых, для ответа на вопрос о необходимости и объеме дообследования и динамического наблюдения лиц с ФРР; в-третьих, для корректного отбора претендентов на выполнение работ, связанных с высоким или экстремальным физическим напряжением, допуска спортсменов к тренировкам и соревнованиям.

Цель исследования – изучение влияния ФРР на АФР молодых физически активных мужчин.

### **Материал и методы**

С целью отбора для выполнения работы, связанной с предельными физическими нагрузками, на базе ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем» в период с 2013 по 2017 г. обследовано 594 здоровых физически активных мужчины в возрасте от 18 до 45 лет (средний возраст  $25,7 \pm 4,3$  года). Критериями включения были: мужской пол, возраст от 18 до 45 лет, высокий уровень физической активности (по данным опроса), физиологические показатели сердечно-сосудистой и дыхательной систем, определенные в покое и при нагрузочном тестировании, нормативные показатели длительности и амплитуды зубцов, интервалов и сегментов ЭКГ, отсутствие острых и хронических заболеваний, препятствующих тестированию АФР, 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 нем, наличие вредных привычек (курение, употребление алкоголя, наркотических и психотропных веществ), профессиональные вредности (работа с пылью, дымом, летучими химическими веществами), недостижение МПК при спирометрическом тестировании.

Во время обследования все участники после осмотра врачами (кардиологом и терапевтом), инструментального и лабораторного обследования (ЭКГ, эхокардиография (ЭхоКГ), спирометрия, клинический анализ крови) выполняли макси-

мальное спирометрическое тестирование на беговой дорожке. Исследование продолжалось до отказа испытуемого от его дальнейшего выполнения. Для анализа использовались только данные лиц, достигших МПК и выполнявших нагрузку на этом уровне не менее 30 с; в связи с несоответствием этому условию результаты обследования 58 участников были исключены из анализа. На основании ЭКГ покоя всех включенных в исследование лиц (536 человек) разделили на две группы: основная группа – с ФРР (113 человек) и группа контроля – без ФРР (423 человека). Анализ межгрупповых различий проводился в два этапа. На первом этапе было выполнено сравнение антропометрических и спирометрических показателей всех участников основной и контрольной групп. На втором этапе сравнение спирометрических показателей и эхокардиографических данных производилось в группах, сформированных путем псевдорандомизации – методом подбора пар (matching) [14]: каждому из участников основной группы была подобрана «пара» – участник контрольной группы, соответствующий по антропометрическим, спирометрическим и гематологическим показателям, а также показателям физической подготовленности, оцененной не только по результатам нагрузочного тестирования, но и с учетом данных о повседневной физической активности, включая профессиональную и рекреационную деятельность. Было сформировано 18 пар участников (две группы по 18 участников в каждой). Для анализа ЭхоКГ были доступны данные только 9 пар участников – две группы по 9 участников в каждой.

Всем включенным в исследование выполнены физикальное обследование, антропометрия, клинический анализ крови, ЭКГ, ЭхоКГ, спирометрия, тест с физической нагрузкой. ЭКГ регистрировали в положении обследуемого лежа на спине после трехминутного отдыха, в 12 общепринятых отведениях с помощью системы «Валента» (Компания «Нео», РФ). Амплитуда зубцов, длительность интервалов и сегментов оценивались автоматически с последующим контролем врачом. ФРР диагностировали согласно рекомендациям «Международной конференции экспертов в области синдромов J-волны при участии APHRS/EHRA/HRS/SOLAECE» [15] и классифицировали по [16] («наличие волны-зубрины в конце QRS комплекса как минимум в двух отведениях»). ЭхоКГ выполняли на аппарате «Mindray MD5» (Mindray, КНР) датчиком 4,5 МГц через парастеральный доступ по короткой оси сердца в затемненном помещении. Систоли-

ческую функцию миокарда оценивали по формуле Тейхольца [17].

Спирометрию и нагрузочное тестирование выполняли с использованием спирометрической системы «Охузон Pro» (ErichJaeger, ФРГ), сопряженной с беговой дорожкой «HrCosmos LE 300 C» (CareFusion, ФРГ). Перед каждым тестированием систему калибровали. Все участники исследования были подробно проинструктированы о запрете тяжелых физических нагрузок, кофеинсодержащих продуктов накануне и легком завтраке утром в день тестирования. По прибытии в лабораторию они выполняли спирометрию с маневрами определения жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ).

Нагрузочное тестирование на тредмиле проводили с использованием специально разработанного для данного исследования протокола, составленного на основании разработанных ранее методических подходов [18]. Тестирование начинали с 3-минутной фазы покоя в положении стоя на дорожке, во время которой регистрировали фоновые показатели вентиляции и газообмена, а также ЭКГ. В последующей одноминутной фазе разминки угол подъема полотна дорожки автоматически увеличивался до 10 %, а скорость движения ленты дорожки возрастала до 5 км/ч. Далее следовала фаза нагрузки с постоянным углом подъема полотна дорожки 10 % и скорости, нарастающей на 0,5 км/ч каждые 30 с. Тестирование продолжалось до отказа испытуемого от продолжения нагрузки.

Оценивались следующие показатели: время выполнения нагрузки, общий объем выполненной работы, объем кислорода, потребленный за период нагрузки, МПК, газообменный порог (определялся по методу – V-slope), точка вентиляторной компенсации, кислородный пульс нагрузки в состоянии максимального потребления кислорода (отношение скорости потребления кислорода к частоте сердечных сокращений (ЧСС)), ЧСС на пике нагрузки (ЧСС<sub>макс</sub>), максимальный минутный объем дыхания (МОД<sub>макс</sub>), дыхательный объем на пике нагрузки, частота дыхательных движений на пике нагрузки, вентиляторный эквивалент углекислого газа, рассчитывавшиеся программным обеспечением в автоматическом режиме по стандартным методикам [19–21]. Минутный объем кровообращения в состоянии максимального потребления кислорода (МОК<sub>макс</sub>, л/мин) рассчитывался по упрощенному методу Фика в модификации К. Wasserman et al. [19], базирующемуся на том, что артериовенозная разница по кислороду и насыщение венозной крови кислородом у молодых здоровых мужчин на уровне МПК

являются достаточно постоянными величинами и могут быть рассчитаны по формуле [19]:

$$\text{МОК}_{\text{макс}} = \text{ПО}_2 / [(\text{SaO}_2 \times 1,34 \times [\text{Hb}]) - (0,2 \times 1,34 \times [\text{Hb}])],$$

где  $\text{ПО}_2$  – скорость потребления кислорода, мл/мин;  $\text{SaO}_2$  – насыщение крови кислородом по данным фотоплетизмограммы, %; 1,34 – максимальное количество кислорода, которое может связать 1 г гемоглобина, мл; 0,2 – насыщение венозной крови кислородом, % (табличное значение из [19]);  $[\text{Hb}]$  – концентрация гемоглобина в крови, г/дл.

Ударный объем рассчитывался путем деления МОК на ЧСС, коэффициент эффективности потребления кислорода (КЭПК, OUES) – путем построения графика отношения  $\text{ПО}_2$  к десятичному логарифму МОД, после чего выполнялась линейная экстраполяция с построением прямой, описываемой уравнением:

$$\text{ПО}_2 = a \times \lg \text{МОД} + b,$$

где  $a$  – КЭПК, отн. ед.;  $b$  – константа, соответствующая виртуальному значению потребления кислорода при отсутствии вентиляции.

Результаты тестов оценивались с использованием наборов референсных значений [19, 21], рассчитывали индивидуальное значение нормативных показателей и границы допустимых отклонений от них.

Тип распределения полученных данных определяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для оценки различий показателей в случае нормального распределения использовали однонаправленный дисперсионный анализ, в противном случае – критерий Манна – Уитни; различия считали статистически значимыми при уровне  $p \leq 0,05$ .

## Результаты

ФРП выявлен у 113 (26 %) участников исследования, у 72 (64 %) из них зарегистрирован ФРП 1-го типа, у 41 (36 %) – ФРП 2-го типа; случаи ФРП 3-го типа не обнаружены. По антропометрическим показателям группы значимо не различались (табл. 1). Как видно из приведенных в табл. 2 данных, статистически значимых межгрупповых различий прямых показателей АФР (время выполнения нагрузки, выполненная работа) и кардиореспираторных показателей (МПК, газообменный порог, точка вентиляторной компенсации, МОД<sub>макс</sub>, КЭПК) не выявлено.

Группы, сформированные на 2-м этапе анализа, не различались по антропометрическим, спирометрическим и лабораторным показателям (табл. 3). Среди лиц основной группы, включен-

**Таблица 1.** Антропометрические показатели участников исследования

**Table 1.** Anthropometrical indicators of participants

Показатель	Группа с ФРП	Группа контроля	Значимость различий, <i>p</i>
Возраст, лет	24,0±2,9	23,4±2,9	0,76
Рост, см	178,9±5,3	177,6±6,8	0,26
Масса тела, кг	75,7±9,3	75,8±9,8	0,59

**Таблица 2.** Спироэргометрические показатели групп 1 этапа анализа

**Table 2.** Cardiopulmonary exercise testing indicators of groups of first analysis stage

Показатель	Группа с ФРП	Группа контроля	Значимость различий, <i>p</i>
Время выполнения нагрузки, мин	8,3±1,2	8,4±1,1	0,26
Выполненная работа общая, (Вт×мин)/кг	2523,6±584,2	2517,7±447,2	0,92
Максимальное потребление кислорода, мл/мин	4188,4±588,9	4204,3±540,6	0,79
Газообменный порог, мл/мин	3043,5±654,8	3083,0±662,9	0,57
Точка вентилаторной компенсации, (мл/мин)/кг	3897,4±628,1	3899,6±670,4	0,97
Дыхательный объем на пике нагрузки, л	3,0±1,1	3,0±0,5	0,52
Минутный объем дыхания на пике нагрузки, л/мин	159,4±23,5	159,7±23,7	0,89
Дыхательный коэффициент на пике нагрузки, отн. ед.	1,3±0,1	1,3±0,1	0,78
Коэффициент эффективности потребления кислорода, отн. ед.	4217,0±2268,2	4192,3±893,6	0,90

**Таблица 3.** Результаты обследования пациентов, включенных во 2-й этап анализа данных

**Table 3.** Results of evaluation of the patients included in the 2nd analysis stage

Показатель	Группа с ФРП	Группа контроля	Значимость различий, <i>p</i>	Группа с ФРП	Группа контроля	Значимость различий, <i>p</i>
Количество участников	18	18	1,00	9	9	1,00
Возраст, лет	23,4±2,9	23,8±3,0	0,73	23,6±3,8	23,5±3,4	0,89
Рост, см	178,9±5,3	177,4±6,6	0,45	176,9±6,5	178,4±8,9	0,64
Масса тела, кг	75,7±9,3	75,4±9,7	0,91	74,7±8,2	74,4±7,6	0,92
ЖЕЛ, л	5,9±0,7	5,6±0,5	0,80	5,8±0,6	5,6±0,3	0,86
ФЖЕЛ, л	5,6±0,7	5,6±0,6	0,40	5,5±0,9	5,4±0,5	0,77
ОФВ1, л	4,6±0,5	4,8±0,4	0,19	4,3±0,3	4,5±0,2	0,42
Время выполнения нагрузки, мин	8,5±1,2	8,4±1,1	0,82	8,3±0,8	8,2±1,1	0,96
Выполненная работа общая, (Вт×мин)/кг	2499,1±345,2	2468,9±381,5	0,94	2569,2±276,3	2367,1±285,0	0,991
Концентрация гемоглобина в крови, г/л	150 [139–59] *	151 [140–150] *	0,56	151±1,1	150,9±1	0,75
Гематокрит	43,9±2,7	43,7±2,8	0,83	44,1±3,1	43,7±3,4	0,79

Примечание. Здесь и в табл. 4 \* – данные представлены в виде медианы и межквартильного интервала.

**Таблица 4.** Спироэргометрические показатели групп 2-го этапа анализа

**Table 4.** Cardiopulmonary exercise testing indicators of groups 2 analysis stages

Показатель	ФРП	Группа контроля	Значимость различий, <i>p</i>
Объем потребленного кислорода за период нагрузки, л	1,4 [1,2–1,4] *	1,4 [1,3–1,5] *	0,94
Максимальное потребление кислорода, мл/мин	4103,3±399,5	4354,3±305,1	0,03
МОК в состоянии максимального потребления кислорода, л/мин	57,0±7,9	61,0±7,4	>0,05
Газообменный порог, мл/мин/кг	2971,3±579,8	3102,3±490,8	0,42
Точка вентилаторной компенсации, мл/мин/кг	3876,6 [3448,2–4416,9]*	4097,0 [3859,3–4242,1]*	0,23
Кислородный пульс на пике нагрузки, мл	21,4±2,3	23,07±1,7	0,01
Ударный объем на пике нагрузки, мл	294±5	223±4	0,04
Частота сердечных сокращений на пике нагрузки, мин <sup>-1</sup>	194 [189–197]*	189 [182–194]*	0,01
Дыхательный объем на пике нагрузки, л	2,8±0,4	2,8±0,3	0,93
Частота дыхательных движений на пике нагрузки, мин <sup>-1</sup>	61,7±4,1	57,7±6,5	0,04
Минутный объем дыхания на пике нагрузки, л/мин	173,4±19,2	161,4±13,9	0,07
Вентилаторный эквивалент углекислого газа, отн. ед.	25,8±3,0	24,7±2,5	0,19
Коэффициент эффективности потребления кислорода, отн. ед.	3887,0 [3498,3–4638,0]*	4265,0 [3887,0–5036,0]*	>0,05

**Таблица 5.** ЭхоКГ групп 2-го этапа анализа

**Table 5.** Echocardiographic indicators of groups of 2nd analysis stage

Показатель	ФРП	Группа контроля	Значимость различий, <i>p</i>
Частота сердечных сокращений, мин <sup>-1</sup>	64,1±8,7	65,6±10,5	0,60
Толщина межжелудочковой перегородки в диастолу, мм	0,7±0,1	0,7±0,1	0,29
Диаметр левого желудочка, диастолический, мм	5,5±0,3	5,2±0,5	0,38
Толщина задней стенки левого желудочка в диастолу, мм	0,7±0,1	0,7±0,1	0,48
Толщина межжелудочковой перегородки в систолу, мм	1,5±0,2	1,4±0,3	0,34
Конечный систолический размер ЛЖ, мм	3,3±0,4	2,9±0,3	0,03
Толщина задней стенки ЛЖ систолическая, мм	1,4±0,3	1,4±0,3	0,73
Ударный объем, мл	103,9±15,3	99,8±25,0	0,60
Фракция выброса, %	70,1±6,8	75,0±5,0	0,06

ных во второй этап анализа, 12 (67 %) испытуемых имели ФРП 1-го типа, 6 (33 %) – ФРП 2-го типа.

Из приведенных в табл. 4 данных видно, что часть показателей физической подготовленности (время выполнения нагрузки, общий объем выполненной работы) в основной и контрольной группах были сопоставимы. Однако по сравнению с группой контроля, у лиц с ФРП МПК было

меньше на 5,8 % ( $p=0,03$ ), а МОК<sub>макс</sub> – на 9,2 % ( $p=0,05$ ); одновременно с этим отмечены более низкие значения кислородного пульса нагрузки и ударного объема в состоянии максимального потребления кислорода, а также КЭПК – на 8,9 % ( $p=0,04$ ), 8,9 % ( $p=0,047$ ) и 7,2 % ( $p=0,01$ ) соответственно. В то же время в основной группе ЧСС и частота дыхательных движений на пике нагрузки

были больше на 3,6 % ( $p=0,04$ ) и 2,6 % ( $p=0,01$ ) соответственно.

Результаты ЭхоКГ лиц, включенных во второй этап анализа данных, представлены в табл. 5 (на этом этапе были доступны данные ЭхоКГ только 9 пар участников). Семь испытуемых основной группы имели ФРР 1-го типа, двое испытуемых – ФРР 2-го типа. Показатели ЭхоКГ представителей обеих групп находились в пределах референсных значений, однако в основной группе конечный систолический размер ЛЖ был статистически значимо больше, чем в группе контроля, на 12,6 % ( $p=0,03$ ). Отмечена также тенденция к снижению фракции выброса (ФВ) ЛЖ на 6,6 % ( $p=0,06$ ) по сравнению с группой контроля.

### Обсуждение

В нашем исследовании ФРР выявлен у 26 % обследованных, что оказалось больше ожидаемого. Это может быть связано, с одной стороны, с полом и возрастом участников исследования, а с другой, с уровнем их тренированности (ФРР чаще встречается у мужчин, в молодом возрасте, у лиц, склонных к ваготонии, в том числе спортсменов). Более широкое распространение ФРР среди лиц с высоким тонусом парасимпатической нервной системы можно связать с чувствительностью кальциевых каналов L-типа к адреналину, увеличивающему кальциевый ток через них [9]. Этим же может объясняться исчезновение признаков ФРР во время физической нагрузки. Мы не выявили случаев ФРР 3-го типа (повышение точки J и сегмента ST в нижних, боковых, правых и левых грудных отведениях I, II, III, aVR, aVL, aVF, V1-6), очевидно в связи с тем, что в исследование включались только люди без аритмий в анамнезе или же на момент исследования, а этот тип ФРР редок и высокоаритмогенен [15].

На первом этапе анализа данных при сравнении показателей АФР участников с ФРР и без него мы не обнаружили статистически значимых различий; очевидно, предполагаемое уменьшение сократительной способности миокарда при ФРР компенсируется работой других звеньев кислородтранспортной системы. Свое предположение мы основывали, в частности, на том, что в исследовании М. Конорка et al. [13] концентрация гемоглобина в крови участников исследования с ФРР была выше, что можно рассматривать как компенсаторный механизм.

На втором этапе анализа мы выполнили псевдорандомизацию, чтобы устранить влияние факторов, которые могли бы нивелировать различия групп по АФР. Это позволило выявить снижение АФР молодых здоровых физически активных мужчин с ФРР по сравнению с их сверстника-

ми без ФРР. Есть основания считать, что ухудшение АФР при ФРР обусловлено снижением ударного объема на пике нагрузки, которое, в свою очередь, может являться следствием нарушения систолической функции ЛЖ, что косвенно подтверждается выявленным увеличением конечного систолического размера и тенденцией к снижению ФВ ЛЖ. Описанные изменения удалось наблюдать только при устранении различий антропометрических, спирометрических и гематологических показателей участников, что может свидетельствовать о том, что снижение МОК<sub>макс</sub> компенсируется активацией других звеньев кислородтранспортной системы.

Результаты выполненного нами сравнения данных ЭхоКГ основной группы (с ФРР) и контрольной (без ФРР) отличаются от представленных в литературных источниках. Так, в работе А.Л. Боброва и С.А. Бойцова [10] отмечалось снижение ФВ и нарушение функции расслабления, а в работе М. Конорка et al. [13] отмечался рост МПК, отнесенного к массе тела. Это может быть связано с различным контингентом обследованных – в исследованиях А.Л. Боброва и С.А. Бойцова [10] участвовали мужчины и женщины, находившиеся в стационаре по поводу различных соматических заболеваний, в то время как в наш анализ включены только результаты обследования мужчин молодого возраста, у которых не было выявлено острых заболеваний или обострений хронических заболеваний.

Результаты нашей работы отличаются от данных детального исследования М. Конорка et al. [13], в которое были включены только элитные спортсмены (гребцы – члены национальной сборной команды), в то время как участники нашего исследования имели различный, хотя и достаточно высокий, уровень АФР. Кроме того, особое внимание мы уделили идентичности гематологических показателей лиц, включенных в основную и контрольную группу, в то время как у участников исследования М. Конорка et al. концентрация гемоглобина (но не гематокрит) различалась. Увеличение гематокрита и концентрации гемоглобина влияют на потребление кислорода и могут его нормализовать, несмотря на сниженный МОК [19]. В перспективе целесообразна идентификация механизмов, потенциально ответственных за компенсацию снижения МОК у лиц с ФРР.

Проведенное исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, все обследованные – это мужчины молодого возраста с уровнем АФР выше среднего. Во-вторых, имела место относительно небольшая численность участников 2-го этапа анализа, что, возможно, не позволило получить статистически значимых различий в МОД<sub>макс</sub> и ФВ ЛЖ.

## Заключение

При обследовании молодых здоровых мужчин с исходно сохраненной АФР (на уровне выше среднего) установлено, что у лиц с ФРР МПК, МОК, кислородный пульс и ударный объем на пике нагрузки меньше (по данным спироэргометрии), а конечный систолический размер ЛЖ (по данным ЭхоКГ) больше, чем у лиц без ФРР. Снижение МОК<sub>макс</sub> может быть связано с уменьшением ударного объема вследствие нарушения систолической функции ЛЖ, о чем могут косвенно свидетельствовать больший конечный систолический размер ЛЖ и тенденция к снижению ФВ ЛЖ у лиц с ФРР. Эти изменения выявляются одновременно с ростом ЧСС и частоты дыхательных движений на пике нагрузки и тенденцией к росту МОД<sub>макс</sub>, что может рассматриваться как компенсаторная реакция на снижение МОК<sub>макс</sub>. Статистически значимые различия спироэргометрии и ЭхоКГ основной и контрольной групп были выявлены только после устранения возможного компенсирующего влияния антропометрических, спирометрических и лабораторных показателей. Полученные данные могут свидетельствовать о том, что ФРР в отношении влияния на физическую работоспособность является своего рода «плохим вариантом нормы», при котором степень напряжения компенсаторных механизмов повышена, а резервы, соответственно, снижены.

## Список литературы / References

1. Ахмедов Н.А. Синдром ранней реполяризации и функциональное состояние сердца у жителей Азии, Африки и Латинской Америки. *Кардиология*. 1986; 26 (6): 63–65.
2. Akhmedov N.A. Early repolarization syndrome and functional condition of heart at inhabitants of Asia, Africa and Latin America. *Kardiologiya = Cardiology*. 1986; 26 (6): 63–65. [In Russian]
3. Sethi K.K., Sethi K., Chutani S.K. Early repolarisation and J wave syndromes. *Indian Heart Journal*. 2014; 66 (4): 443–452. doi: 10.1016/j.ihj.2014.06.002
4. 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*. 2016; 1 (5): 83–86.
5. Chichkova M.A., Svetlichkina A.A., Kovaleva N.A. Electrocardiographic early repolarization syndrome as predictive criterion of arrhythmias of heart at professional athletes. *Innovatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii = Innovative Technologies in Science and Education*. 2016; 1 (5): 83–86. [In Russian]
6. Wasserburger R.D., Alt W.I. The normal RS-T segment elevation. *Am. J. Cardiol*. 1961; 8: 184–192. doi: 10.1016/0002-9149(61)90204-1
7. Ker J., du Toit L. The accessory papillary muscle with inferior J-waves – peculiarity or hidden danger? *Cardiovasc. Ultrasound*. 2009; 7: 50. doi: 10.1186/1476-7120-7-50
8. Boineau J.P. The early repolarization variant – normal or a marker of heart disease in certain subjects. *J. Electrocardiol*. 2007; 4 (1): 11–16. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2006.04.002
9. Burashnikov E., Pfeiffer R., Barajas-Martinez H., Delpón E., Hu D., Desai M., Borggrefe M., Häissaguerre M., Kanter R., Pollevick G.D., Guerchicoff A., Laiño R., Marieb M., Nademanee K., Nam G.B., Robles R., Schimpf R., Stapleton D.D., Viskin S., Winters S., Wolpert C., Zimmern S., Veltmann C., Antzelevitch C. Mutations in the cardiac L-type calcium channel associated with inherited J-wave syndromes and sudden cardiac death. *Heart Rhythm*. 2010; 7 (12): 1872–1882. doi: 10.1016/j.hrthm.2010.08.026
10. Wanatabe H., Minamoto T. Role of mutation L-type calcium channel genes in Brugada Syndrome, early repolarization syndrome, and idiopathic ventricular fibrillation associated with right bundle branch block. *Circ. J*. 2013; 77 (7): 1689–1690. doi: 10.1253/circj.cj-13-0641
11. Mohrman D.E., Heller L. Cardiovascular physiology. 7-th ed. Philadelphia: The McGraw-Hill Companies, 2010. 304 p.
12. Бобров А.Л., Бойцов С.А. Состояние центральной гемодинамики при синдроме ранней реполяризации. *Вестн. аритмол.* 2001; (22): 30–33.
13. Bobrov A.L., Boytsov S.A. State of central hemodynamics in early repolarization syndrome. *Vestnik aritmologii = Journal of Arrhythmology*. 2001; (22): 30–33. [In Russian]
14. Exercise testing for primary care and sports medicine physicians. Eds. C.H. Evans, R.D. White. New York: Springer-Verlag, 2009. 240 p.
15. Obeyesekere M.N., Krahn A.D. Early repolarisation-what should the clinician do? *Arrhythm. Electrophysiol. Review*. 2015; 4 (2): 96–99. doi: 10.15420/aer.2015.04.02.96
16. Konopka M., Burkhard-Jagodzińska K., Anioł-Strzyżewska K., Kryl W., Klusiewicz A., Chwalbińska A., Pokrywka A., Sitkowski D., Dłużniewski M., Braksator W. 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
17. Guo S., Fraser M.W. Propensity score analysis: statistical methods and applications. 2nd ed. SAGE Publications, 2014. 448 p.

15. Antzelevitch C., Gan-Xin Y., Ackerman M.J., Borggrefe M., Corrado D., Guo J., Gussak I., Hasdemir C., Horie M., Huikuri H., Ma C., Morita H., Nam G.B., Sacher F., Shimizu W., Viskin S., Wilde A.M. J-Wave syndromes expert consensus conference report: Emerging concepts and gaps in knowledge. *Heart Rhythm*. 2016; 13 (10): 295–324. doi: 10.1016/j.hrthm.2016.05.024
16. Antzelevitch C., Yan G.X. J wave syndromes. *Heart Rhythm*. 2010; 7: 549–558. doi: 10.1016/j.hrthm.2009.12.006
17. Badano L.P., Kolias T.J., Muraru D., Abraham T.P., Aurigemma G., Edvardsen T., D'Hooge J., Donal E., Fraser A.G., Marwick T., Mertens L., Popescu B.A., Sengupta P.P., Lancellotti P., Thomas J.D., Voigt J.-U. 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 TaskForce to standardize deformation imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2018; 19 (6): 591–600 doi:10.1093/ehjci/jeu042
18. Кропотов С.П., Кабанов М.В., Мордовин И.С., Зайцева А.В., Головина А.С. Нагрузочные протоколы при тестировании физической работоспособности методом спироэргометрии. *Биотехносфера*. 2014; 31–32 (1-2): 12–17.
- Kropotov S.P., Kabanov M.V., Mordovin I.S., Zaytseva A.V., Golovina A.S. Workload protocols for CPET. *Biotechnosfera = Biotechnosphere*. 2014; 31–32 (1-2): 12–17.
19. Wasserman K., Hansen J.E., Sietsema K.E., Sue D.Y., Stringer W.W. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2011. 572 p.
20. Stringer W., Hansen J., Wasserman K. Cardiac output estimated non-invasively from oxygen uptake (VO<sub>2</sub>) during exercise. *J. Appl. Physiol*. 1997; 82 (3): 908–912. doi: 10.1152/jappl.1997.82.3.908
21. Cooper C.B., Storer T.W. Exercise testing and interpretation a practical approach. Cambridge: Cambridge university press, 2004. 278 p.

#### Сведения об авторах:

**Михаил Владимирович Кабанов**, ORCID: 0000-0001-8573-8167, e-mail: palidum@mail.ru

**Виктор Николаевич Носов**, д.м.н.

**Михаил Михайлович Галагудза**, д.м.н., профессор, чл.-корр. РАН, ORCID: 0000-0001-5129-9944, e-mail: galagudza@almazovcentre.ru

**Елена Алексеевна Демченко**, д.м.н., ORCID: 0000-0002-7173-0575, e-mail: demchenko\_ea@almazovcentre.ru

#### Information about the authors:

**Mikhail V. Kabanov**, ORCID: 0000-0001-8573-8167, e-mail: palidum@mail.ru

**Victor N. Nosov**, doctor of medical sciences

**Mikhail M. Galagudza**, doctor of medical sciences, professor, corresponding member of RAS, ORCID: 0000-0001-5129-9944, e-mail: galagudza@almazovcentre.ru

**Elena A. Demchenko**, doctor of medical sciences, ORCID: 0000-0002-7173-0575 email: demchenko\_ea@almazovcentre.ru

Поступила в редакцию 16.10.2020

После доработки 07.11.2020

Принята к публикации 16.02.2021

Received 16.10.2020

Revision received 07.11.2020

Accepted 16.02.2021