

## Структурно-функциональные особенности и показатели деформации левого желудочка сердца у здоровых лиц с различным уровнем физической активности по данным эхокардиографии

Беграмбекова Ю. А.<sup>1</sup>, Дробязко О. А.<sup>2</sup>, Скрипкина Д. В.<sup>3</sup>, Орлова Я. А.<sup>1</sup>, Алехин М. Н.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Медицинский научно-образовательный центр ФГБОУ ВО "МГУ им. М. В. Ломоносова". Москва; <sup>2</sup>ФГБУ "Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий" ФМБА России. Москва; <sup>3</sup>ФГБУ дополнительного профессионального образования "Центральная государственная медицинская академия" Управления делами Президента РФ. Москва; <sup>4</sup>ФГБУЗ "Центральная клиническая больница с поликлиникой" Управления делами Президента РФ. Москва, Россия

**Цель.** Определение структурно-функциональных характеристик миокарда у молодых людей с различным уровнем физической активности (ФА).

**Материал и методы.** В исследование включено 108 молодых людей без заболеваний сердечно-сосудистой системы. 72 человека являлись профессиональными спортсменами на выносливость (группа С) и 36 не занимались спортом (группа НеС). Оценивались антропометрические данные. Проводилась трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) и оценка продольной, радиальной и циркулярной деформации левого желудочка (ЛЖ), а также скручивание ЛЖ. Уровень ФА у НеС определялся с помощью "Короткого международного опросника для определения уровня ФА — IPAQ (International Physical Activity Questionnaire).

**Результаты.** Уровень ФА <600 MET-мин/нед. имели 22,3%, умеренный (от 600 до 1500 MET-мин/нед.) — 41,7% и высокий (3000 MET-мин/нед.) — 36% обследованных в подгруппах неактивные, умеренно активные и высоко активные, соответственно. Уровень ежедневных физических нагрузок группы С составлял ~15000 MET-мин/нед. У НеС не наблюдалось статистически достоверных различий показателей ЭхоКГ в подгруппах с разным уровнем ФА. Выявлены статистически значимые различия с группой С. Диастолическая функция ЛЖ была в пределах нормы во всех подгруппах. Показатель E/A (соотношение пиков E и A трансмитрального кровотока) был выше в подгруппах с большей ФА (максимальный в подгруппе С). Статистически значимые различия наблюдались между подгруппами неактивные (p=0,027) и спортсмены/умеренно активные (p=0,017). Показатели продольной, радиальной и циркулярной деформации не различались у С и НеС и соответствовали нормальным значениям.

**Заключение.** У молодых людей без известных заболеваний сердечно-сосудистой системы в диапазонах ФА от крайне низкого до рекомендуемого ВОЗ, структурно-функциональные характеристики миокарда не выходили за пределы возрастной нормы и достоверно отличались от показателей профессиональных спортсменов. У профессиональных спортсменов показатели также оставались в пределах возрастной нормы. Показатели деформации миокарда находились в пределах нормы у всех обследованных.

**Ключевые слова:** физические нагрузки, эхокардиография, деформация левого желудочка, speckle tracking, спортсмены.

**Отношения и деятельность:** нет.

Поступила 21/11-2022

Рецензия получена 09/12-2022

Принята к публикации 20/01-2023



**Для цитирования:** Беграмбекова Ю. А., Дробязко О. А., Скрипкина Д. В., Орлова Я. А., Алехин М. Н. Структурно-функциональные особенности и показатели деформации левого желудочка сердца у здоровых лиц с различным уровнем физической активности по данным эхокардиографии. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023;22(2):3489. doi: 10.15829/1728-8800-2023-3489. EDN IUXHVS

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: Julia.begrambekova@ossn.ru

[Беграмбекова Ю. А. — к.м.н., в.н.с. отдела возраст-ассоциированных заболеваний, ORCID: 0000-0001-7992-6081, Дробязко О. А. — к.м.н., врач функциональной диагностики, ORCID: 0000-0001-9024-2991, Скрипкина Д. В. — ординатор кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии, ORCID: 0000-0002-1283-0955, Орлова Я. А. — д.м.н., зав. отделом возраст-ассоциированных заболеваний, ORCID: 0000-0002-8160-5612, Алехин М. Н. — д.м.н., профессор кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии, ORCID: 0000-0002-9725-7528].

## Structural and functional characteristics of left ventricular strain in healthy individuals with different physical activity level according to echocardiography

Begrambekova Yu. L.<sup>1</sup>, Drobyazko O. A.<sup>2</sup>, Skripkina D. V.<sup>3</sup>, Orlova Ya. A.<sup>1</sup>, Alekhin M. N.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Medical Research and Educational Center of Lomonosov Moscow State University. Moscow; <sup>2</sup>Federal Research and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies. Moscow; <sup>3</sup>Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation. Moscow; <sup>4</sup>Central Clinical Hospital with a Polyclinic of the Presidential Administration of the Russian Federation. Moscow, Russia

**Aim.** To determine the structural and functional characteristics of the myocardium in young people with different levels of physical activity (PA). **Material and methods.** The study included 108 young people without cardiovascular diseases. Seventy-two people were professional endurance athletes (Group A) and 36 were non-athletes (Group non-A). Anthropometric data were evaluated. Transthoracic echocardiography and assessment of left ventricular (LV) longitudinal, radial and circumferential strain, as well as LV twisting, were performed. PA level in non-A group was determined using International Physical Activity Questionnaire (IPAQ).

**Results.** PA level <600 MET-min/week was revealed in 22,3% of participants, moderate PA (from 600 to 1500 MET-min/week) — in 41,7%, and high (3000 MET-min/week) — in 36% of participants of inactive, moderately active and highly active subgroups, respectively. Group A daily PA level was ~15000 MET-min/week. In non-A group, there were no significant differences in echocardiographic parameters in subgroups with different PA levels. Significant differences with group A were revealed. LV diastolic function was within the normal range in all subgroups. The E/A ratio was higher in subgroups with higher PA (maximum in subgroup A). Significant differences were observed between inactive ( $p=0,027$ ) and athletes/moderately active ( $p=0,017$ ) subgroups. Longitudinal, radial and circular strain characteristics did not differ in A and non-A groups and were within normal range.

**Conclusion.** In young people without cardiovascular diseases with PA ranges from extremely low to those recommended by WHO, the structural and functional myocardial characteristics were within age

normal range and significantly differed from those of professional athletes. In professional athletes, these parameters also remained within the age normal range. Myocardial strain characteristics were within the normal range in all participants.

**Keywords:** exercise, echocardiography, left ventricular strain, speckle tracking, athletes.

**Relationships and Activities:** none.

Begrambekova Yu. L.\* ORCID: 0000-0001-7992-6081, Drobyazko O. A. ORCID: 0000-0001-9024-2991, Skripkina D. V. ORCID: 0000-0002-1283-0955, Orlova Ya. A. ORCID: 0000-0002-8160-5612, Alekhin M. N. ORCID: 0000-0002-9725-7528.

\*Corresponding author: Julia.begrambekova@ossn.ru

**Received:** 21/11-2022

**Revision Received:** 09/12-2022

**Accepted:** 20/01-2023

**For citation:** Begrambekova Yu. L., Drobyazko O. A., Skripkina D. V., Orlova Ya. A., Alekhin M. N. Structural and functional characteristics of left ventricular strain in healthy individuals with different physical activity level according to echocardiography. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2023;22(2):3489. doi:10.15829/1728-8800-2023-3489. EDN IUXHVS

ВОЗ — Всемирная организация здравоохранения, КДО — конечно-диастолический объем, КСР — конечно-систолический размер, КСО — конечно-систолический объем, ЛЖ — левый желудочек, СМ — скелетная мускулатура, ССС — сердечно-сосудистая система, УО — ударный объем, ФА — физическая активность, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, ФН — физические нагрузки, ХНИЗ — хронические неинфекционные заболевания, ЭхоКГ — эхокардиография, E/A — соотношение пиков E и A трансмитрального кровотока, IPAQ — International Physical Activity Questionnaire (Короткий международный опросник для определения уровня ФА),  $VO_2\max$  — максимальное потребление кислорода при нагрузке.

### Ключевые моменты

#### Что известно о предмете исследования?

- Высокий уровень аэробных физических нагрузок ассоциирован с более высокими объемными и функциональными показателями миокарда.
- У людей, ведущих малоподвижный образ жизни, уже в среднем возрасте регистрируется увеличение жесткости левого желудочка.

#### Что добавляют результаты исследования?

- У лиц молодого возраста с уровнем физической активности от крайне низкого до крайне высокого, структурно-функциональные характеристики миокарда и показатели деформации имеют широкий диапазон значений, оставаясь при этом в пределах возрастной нормы.
- В группе с низкой физической активностью наблюдались достоверно более высокие значения фракции выброса левого желудочка, в сочетании с почти двукратным снижением конечно-систолического объема.

### Key messages

#### What is known already known about the subject?

- Regular aerobic exercise is associated with higher volume and functional cardiac parameters.
- In people having sedentary lifestyle, an increase in left ventricular stiffness is recorded already in middle age.

#### What might this study add?

- In young people with a physical activity level from extremely low to extremely high, the structural and functional myocardial characteristics and strain indicators have a wide range of values, while remaining within the age reference.
- In the low physical activity group, significantly higher left ventricular ejection fraction was observed, in combination with an almost two-fold decrease in end-systolic volume.

## Введение

Гиподинамия и преимущественно сидячий образ жизни стали одним из наиболее важных факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и других хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) [1, 2]. Сердечно-сосудистая система (ССС) и скелетная мускулатура (СМ), являясь ключевыми системами, обеспечивающими поддержание двигательной активности, находятся в постоянном энергетическом и сигнальном взаимодействии [3, 4]. Неудивительно, что уровень рабочей нагрузки и функциональное состояние СМ оказывают значительное влияние на состояние миокарда. Оба органа характеризуются высокой пластичностью и быстро увеличивают или уменьшают функциональный потенциал в зависимости от рабочей нагрузки [5, 6]. Хронически низкий уровень физической нагрузки (ФН) или полное ее прекращение влечет за собой снижение уровня гемодинамической нагрузки и метаболических потребностей миокарда, что, в свою очередь, приводит к подавлению процессов биогенеза миоцитов и митохондрий [7, 8]. Влияние полного прекращения двигательной активности на состояние ССС было продемонстрировано в "Далласком исследовании постельного режима" (1966г), в котором 5 добровольцев (возраст 20 лет) в течение 21 дня находились на непрерывном постельном режиме. До и после иммобилизации было проведено кардиопульмональное нагрузочное тестирование и эхокардиография (ЭхоКГ). Пребывание на постельном режиме привело к выраженным атрофическим изменениям миокарда и снижению кардиореспираторной выносливости. Масса миокарда уменьшилась на 11%, сердечный выброс на 26%, ударный объем (УО) на 29% и максимальное потребление кислорода при нагрузке ( $VO_2max$ ) на 27%. Затем, после 55 дней высоко интенсивных тренировок  $VO_2max$  увеличился на 19% по сравнению с исходным уровнем и на 61% по сравнению с данными сразу после иммобилизации [9]. Повторное обследование было проведено в 2006г. За 30 лет нормального старения  $VO_2max$  снизился в той же степени, что и за 21 день иммобилизации [10].

Для профилактики ХНИЗ и наиболее распространенных видов рака Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует достижение общей физической активности (ФА) не <600 MET мин/нед. (<https://www.who.int/ncds/prevention/physical-activity/inactivity-global-health-problem/en/>). В то же время появляется все больше данных, свидетельствующих о том, что наибольшее снижение риска развития ХНИЗ вызывает уровень ФА, в несколько раз превышающий рекомендации ВОЗ. Так, в метаанализе, включившем данные 174 когортных исследований, изучали связь общей ФА и относительного риска пяти хронических заболе-

ваний. По сравнению с малоактивными людьми (общая активность <600 MET мин/нед.) наиболее значительное снижение риска демонстрировали лица, достигавшие уровня общей ФА, в 13 раз превышающего рекомендуемый ВОЗ уровень ( $\geq 8000$  MET мин/нед.): 14% для рака молочной железы, 21% для рака толстой кишки, 28% для сахарного диабета, 25% для ишемической болезни сердца и 26% для ишемического инсульта [11]. Серия метаанализов (2010-2021гг) показала, что элитные спортсмены, для которых характерны "экстремальные" по современным понятиям уровни ФН, имеют более низкий уровень смертности как от сердечно-сосудистых, так и от онкологических заболеваний. В метаанализе 2021г (24 исследования 165033 элитных спортсменов) стандартизированный пропорциональный коэффициент смертности составил у мужчин — 0,69 (95% доверительный интервал: 0,61-0,78), у женщин — 0,51 (95% доверительный интервал: 0,40-0,65) ( $p < 0,01$ ). Наибольший эффект по снижению смертности от всех причин достигался в видах спорта на выносливость (преимущественно аэробные нагрузки) [12]. Молекулярные механизмы адаптации к разным видам нагрузок различаются по многим параметрам. Исследования различий в экспрессии генов у лиц, в различных видах спорта показали, что тренировки на выносливость приводят к масштабному перепрограммированию транскриптома СМ, направленному на улучшение процессов аэробного клеточного дыхания (1711 генов у женщин и 1097 генов у мужчин) по сравнению с контрольными группами (силовые нагрузки и неактивные) [13]. Аэробные ФН (бег, плавание, велосипед), вызывают адаптивное ремоделирование левого желудочка (ЛЖ), выражающееся в увеличении камер сердца, массы ЛЖ и толщины межжелудочковой перегородки, уменьшении конечно-систолического объема (КСО) ЛЖ без существенного изменения или увеличения конечно-диастолического объема (КДО) [14]. Подобная адаптация миокарда к высоким ФН позволяет поддерживать достаточное поступление крови и кислорода к работающим мышцам в течение продолжительного времени. Адаптация миокарда к высокому уровню нагрузок хорошо изучена как у молодых спортсменов, так и у лиц среднего и пожилого возраста [15]. В то же время влияние малоподвижного образа жизни на структурно-функциональное состояние миокарда изучается в основном у лиц среднего и пожилого возраста или в когортах, включающих небольшое количество молодых людей. Эти исследования демонстрируют, что более низкие значения  $VO_2max$  связаны с более низкими объемными и функциональными показателями миокарда [5, 16]. В масштабном исследовании по изучению зависимости между уровнем ФА и частотой выявления нарушений диастолической функции

(57449 практически здоровых лиц, средний возраст  $40,4 \pm 7,6$  лет) было показано, что уровни ФА обратно пропорциональны распространенности нарушений релаксации ЛЖ [17]. Известно, что снижение ФА происходит еще в возрасте до 18 лет и более высокая ФА активность в молодом возрасте определяет вероятность сохранения более высоких ее уровней на протяжении жизни [18]. Развитие современных ультразвуковых технологий, в частности speckle tracking ЭхоКГ дает возможность применения совершенно иных подходов к оценке функционального состояния ССС, существенно расширяет возможности неинвазивной количественной оценки функции ЛЖ, позволяя изучить влияние различных уровней ФА на функционирование миокарда [19].

Цель настоящего исследования — определение структурно-функциональных характеристик миокарда у молодых людей с различным уровнем ФА.

## Материал и методы

Проведено одномоментное обсервационное исследование КОМПАС (Количественная Оценка функции Миокарда с Применением метода Speckle tracking у лиц с различным уровнем физической активности).

В исследование было последовательно включено 108 молодых людей без известных на момент исследования заболеваний ССС. Из них 72 человека являлись профессиональными спортсменами в видах спорта на выносливость (велоспорт и современное пятиборье) (подгруппа С), и 36 неспортсменов (подгруппа НеС). Все участники до включения в исследование подписывали информированное согласие.

Критерии включения: лица обоего пола в возрасте от 18 лет, давшие письменное информированное согласие на участие в исследовании. Критерии невключения: известное заболевание ССС на момент включения в исследование; заболевание или состояние, ограничивающее ФА в течение 3 мес. до включения в исследование. Активный онкологический процесс, иммуносупрессивная, химио- или лучевая терапия в настоящее время или в течение 3 мес., предшествующих включению в исследование; беременность, лактация; неспособность пациента понять суть исследования и дать согласие на участие в нем.

### Процедуры и общий дизайн исследования

Оценивались клинико-демографические и антропометрические данные. Проводилась трансторакальная ЭхоКГ на ультразвуковом оборудовании VIVID-70 с мультимодальным фазированным датчиком 3S (1,7–4,0 МГц) с параллельной записью электрокардиограммы. Основные позиции двумерного изображения записывались из парастернального доступа по длинной и короткой оси, из верхушечного доступа на 2 (A2C), 4 (A4C) камеры и по длинной оси (LAX). Измерения размеров и объемов камер сердца, толщины стенок ЛЖ проводили в соответствии с рекомендациями [20]. Определение КСО и КДО левых камер сердца проводили методом дисков, расчет фракции выброса (ФВ) ЛЖ осуществляли по формуле:  $ФВ ЛЖ = (КДО - КСО) / КДО \times 100\%$ . Массу миокарда ЛЖ рассчитывали 2D методом, нормальные значения индекса массы миокарда ЛЖ ( $< 88 \text{ г/м}^2$  у женщин и  $< 102 \text{ г/м}^2$  у мужчин) [20].

**Оценка деформации миокарда ЛЖ.** Всем обследованным была проведена оценка продольной, радиальной и циркулярной деформации ЛЖ в апикальных позициях и позициях по короткой оси ЛЖ на уровне митрального клапана, папиллярных мышц и на уровне верхушки. Также оценивали скручивание ЛЖ. Оценку деформации ЛЖ на основе отслеживания пятен серой шкалы (speckle tracking) проводили с использованием программного обеспечения рабочей станции EchoPac (General Electric). Сегментарную оценку деформации ЛЖ проводили по видеоизображениям из апикального (A2C, A4C) и парастернального доступа (LAX). Частота кадров поддерживалась в интервале 40–80/сек. Трассировку полости ЛЖ по границе эндокарда проводили вручную в конце систолы, после чего миокард ЛЖ автоматически разделяли на 6 сегментов в каждой позиции. Затем, при необходимости, вновь вручную выполняли корректировку ширины и формы зоны интереса, после чего программа автоматически рассчитывала значения деформации для каждого сегмента ЛЖ. Сегменты с неоптимальной визуализацией были исключены из расчетов программой или в результате дополнительного анализа исследователем, не вовлеченным в проведение исследования. В результате усреднения всех значений были получены показатели глобальной продольной деформации для каждой из трех позиций (GLPS\_A2C, GLPS\_A4C и GLPS\_LAX), а также глобальной продольной деформации для всего ЛЖ (GLPS\_Avg) в виде "бычьего глаза". Значения радиальной и циркулярной деформации миокарда ЛЖ были рассчитаны по видеоизображениям короткой оси на уровне митрального клапана, папиллярных мышц и верхушки.

### Оценка уровня повседневных ФН

Уровень ФА у НеС определяли с помощью "Короткого международного опросника для определения физической активности" IPAQ (International Questionnaire on Physical Activity), 2016 (<https://sites.google.com/site/theipaq>) (Приложение 1.) Для исключения субъективной составляющей в оценке функциональных методов исследования анкетирование для оценки уровня повседневной ФА проводили на заключительном этапе исследования. Данный опросник позволил отнести респондентов к одной из категорий по уровню ФА.

**Категория 1 — Неактивные.** К этой категории относятся все лица, не соответствующие критериям категорий 2 или 3. **Категория 2 — умеренная ФА:**  $\geq 3$  дней интенсивной нагрузки не  $< 20$  мин/день или  $\geq 5$  дней активности средней интенсивности и/или ходьбы не  $< 30$  мин/день или  $\geq 5$  дней любой комбинации ходьбы, интенсивные занятия с достижением минимальной общей ФА не  $< 600$  MET-мин/нед. **Категория 3 — Высокая ФА:** а) активность высокой интенсивности не  $< 3$  дней с достижением уровня ФН не  $< 1500$  MET-мин/нед. или б)  $\geq 7$  дней любой комбинации ходьбы, ходьбы средней интенсивности или интенсивная деятельность с достижением уровня ФА не  $< 3000$  MET-мин/нед.

**Статистический анализ.** Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программы SPSS 17.0. Для асимметричного распределения указаны медиана (Me) и интерквартильный размах (Q25; Q75). Для проверки нормальности распределения количественных признаков использовался одновыборочный критерий Колмогорова–Смирнова. Межгрупповое сравнение проводили с использованием критерия Краске-

Таблица 1

Демографические, антропометрические и ЭхоКГ характеристики подгруппы спортсмены (С) по сравнению с неспортсменами (HeC)

Показатель, Me [25;75]	HeC, n=36	С, n=72	p
Возраст, лет	24,5 [22,3;28]	23 [20;26]	0,063
Вес, кг	64 [54,5;85]	67 [55;75]	0,738
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	21 [19;26,8]	22,23 [20,6;23,7]	0,970
Мужчины, n (%)	14 (38,9%)	34 (47,2%)	0,030
КДР, см	4,6 [4,33;4,8]	5,0 [4,7;5,4]	<0,001
КСР, см	3,0 [2,8;3,2]	3,4 [3,2;3,8]	<0,001
КДО ЛЖ, мл	86,5 [70;101,8]	112 [93;134]	<0,001
КСО ЛЖ, мл	28 [24,25;38]	44,0 [36;57]	<0,001
УО, мл	56,5 [45,3;62,8]	67 [58;78]	<0,001
ФВ ЛЖ, %	64 [61;67]	59 [55;62]	<0,001
ИММЛЖ, г/м <sup>2</sup>	65,5 [58;78]	93 [81;105]	<0,001
ТМЖПд, см	0,8 [0,72;0,9]	1,0 [0,9;1,1]	<0,001
ТЗСЛЖд, см	0,8 [0,73;0,9]	1,0 [0,9;1,1]	<0,001
ТЗСЛЖс, см	1,3 [1,2;1,4]	1,0 [0,13;1,1]	<0,001
Max_wall_LV, см	0,85 [0,72;0,9]	1,0 [0,14;1,1]	<0,001
ПЗР ЛП, см	3,1 [2,83;3,4]	3,5 [0,41;3,1]	<0,001
Объем ЛП, мл	34,5 [26;42]	52,38 [36;62]	<0,001
Объем ПП, мл	31 [24,5;37,75]	42,0 [37,5;52,5]	<0,001
E_peak, см/с	90 [77;108]	89 [81;97]	0,524
A_peak, см/с	54 [48;68,25]	47,00 [41;54]	<0,001
E/A	1,5 [1,3;1,9]	1,9 [1,7;2,2]	<0,001
DT, мс	160,31±30,98	187,04±38,66	<0,001
ГПСД ЛЖ, %	-19,3 [17,9;20,3]	-19,4 [17,8;20,7]	0,44
Скручивание, °	8,7 [5,8;13,0]	8,0 [5,7;9,3]	0,28

Примечание: ГПСД — глобальная продольная систолическая деформация, ИМТ — индекс массы тела, КДР — конечно-диастолический размер, КДО — конечно-диастолический объем, КСР — конечно-систолический размер, КСО — конечно-систолический объем, КСР — конечно-систолический размер, ИММЛЖ — индекс массы миокарда ЛЖ, ТМЖПд — толщина межжелудочковой перегородки в диастолу, ТЗСЛЖд — толщина задней стенки ЛЖ в диастолу, ТЗСЛЖс — толщина задней стенки ЛЖ в систолу, УО — ударный объем, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, Max\_wall\_LV — максимальная толщина задней стенки или межжелудочковой перегородки в диастолу, ПЗР ЛП — переднезадний размер левого предсердия, Объем ЛП — объем левого предсердия в систолу желудочков, Объем ПП — объем правого предсердия в систолу желудочков, E\_peak — максимальная скорость раннего диастолического наполнения ЛЖ, A\_peak — максимальная скорость позднего диастолического наполнения ЛЖ, E/A — соотношение пиков E и A трансмитрального кровотока, DT — время замедления пика E трансмитрального кровотока.

ла-Уоллиса для независимых выборок с поправкой Бонферрони. Для всех видов анализа статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

## Результаты

На основании количества баллов по опроснику IPAQ в группе HeC низкий уровень ФА (<600 MET-мин/нед.) имели 12 (22,3%) обследованных, умеренный — 15 (41,7%) (от 600 до 1500 MET-мин/нед.) и высокий — 13 (36%) обследованных (3000 MET-мин/нед.). Уровень нагрузки группы С составлял ~15000 MET-мин/нед. (6 тренировок/нед. продолжительностью 5-6 ч). Группы не различались по возрасту и индексу массы тела.

**Результаты ЭхоКГ.** У лиц, отнесенных к разным категориям по уровню ФА, не наблюдалось статистически достоверных различий в показателях ЭхоКГ. В связи с этим в таблице 1 группа HeC представлена целиком без разделения по уровню

ФА. Спортсмены имели статистически значимо больший конечно-систолический и конечно-диастолический диаметр ЛЖ, УО, массу миокарда ЛЖ, толщину межжелудочковой перегородки и размеры предсердий ( $p < 0,001$  для всех случаев). ФВ ЛЖ в группе HeC составила 64% [61;67], а у спортсменов — 59% [55;62] ( $p < 0,001$ ) (рисунок 1, таблица 1).

**Диастолическая функция ЛЖ.** Во всех группах показатели, характеризующие диастолическую функцию ЛЖ, не выходили за пределы нормы. Показатель E/A (соотношение пиков E и A трансмитрального кровотока) был выше в подгруппах с большей ФА (максимальный в подгруппе спортсменов). Статистически достоверная разница наблюдалась между группами спортсмены/неактивные ( $p = 0,027$ ) и спортсмены/умеренно активные ( $p = 0,017$ ). Между группами спортсмены/активные статистически достоверная разница отсутствовала (рисунок 2).

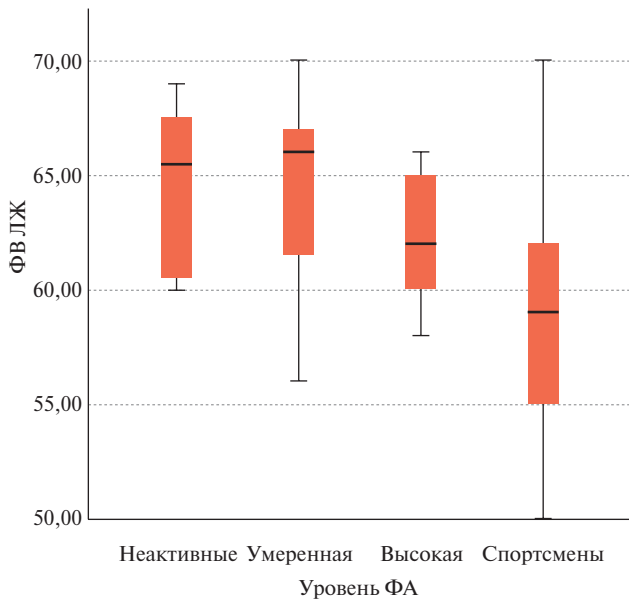


Рис. 1 ФВ ЛЖ в зависимости от уровня ФА.  
Примечание: ФА — физическая активность, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка.

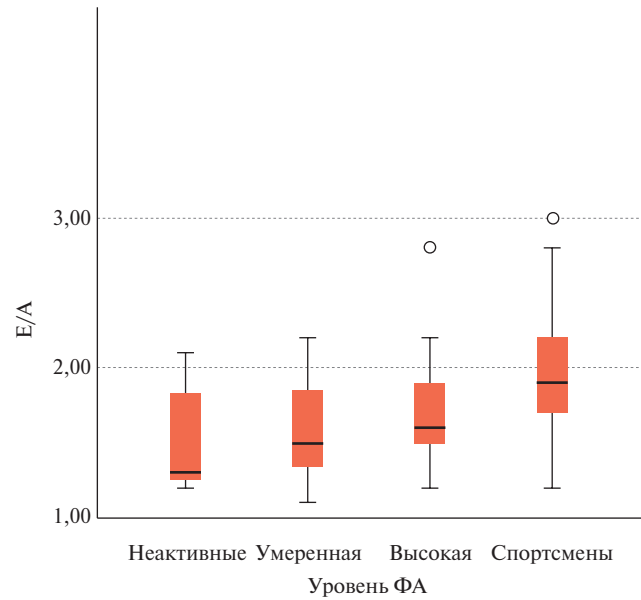


Рис. 2 Коэффициент E/A в зависимости от уровня ФА.  
Примечание: ФА — физическая активность, E/A — соотношение пиков E и A трансмитрального кровотока.

**Показатели деформации ЛЖ.** Показатели продольной, радиальной и циркулярной деформации не отличались у спортсменов и неспортсменов и соответствовали нормальным значениям (таблица 1). Внутри группы HeC также не наблюдалось статистически достоверных различий по этим параметрам.

### Обсуждение

В настоящем исследовании >60% молодых людей (Me 24,9 лет) в группе HeC имели уровень ФА ниже рекомендуемого ВОЗ в настоящее время. Высокий уровень ФА в группе HeC не вызывал изменения геометрии ЛЖ по сравнению с лицами с уровнем ФА ниже рекомендуемого ВОЗ в настоящее время. Таким образом, вне зависимости от уровня ФА, группа HeC была гомогенной в отношении структурных и функциональных показателей миокарда. В то же время группа HeC выражено отличалась от группы С в отношении размеров и объемов ЛЖ и предсердий, толщины стенок и массы миокарда ЛЖ, увеличения отношения E/A, что согласуется с данными других исследований [21–23]. Обращают на себя внимание достоверно более высокие значения ФВ ЛЖ у HeC по сравнению с группой С 64% [61;67] и 59% [55;62] ( $p < 0,001$ ), в сочетании с почти в два раза более низким КСО: 28 [24;25;38] и 44,0 [36;57] мл, соответственно (рисунок 3). Показано, что сочетание небольшого размера ЛЖ и низкого КСО у нетренированных людей лимитирует возможности повышения УО при нагрузке, т.к. при увеличении частоты сердечных сокращений наблюдается отсутствие увеличения или даже снижение КДО, в отличие от

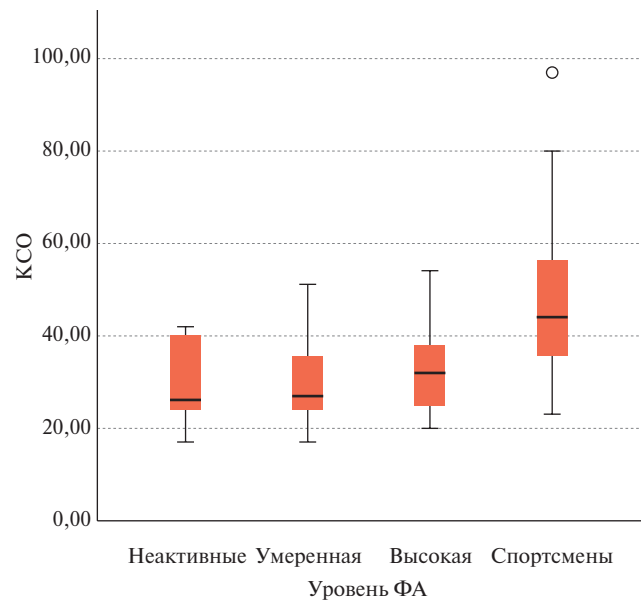


Рис. 3 КСО в зависимости от уровня ФА.  
Примечание: ФА — физическая активность, КСО — конечно-систолический объем.

спортсменов, у которых происходит увеличение КДО в широком диапазоне частоты сердечных сокращений параллельно с выраженным снижением КСО [24, 25]. Наблюдалась не достигавшая статистически значимой разницы тенденция к увеличению  $A_{peak}$  (максимальная скорость позднего диастолического наполнения ЛЖ) и снижению коэффициента E/A у лиц с более низкой активностью, которая достигала статистически значимых различий при сравнении со спортсменами, но не внутри группы HeC. Показатели деформации миокарда

в настоящем исследовании находились в пределах нормы как у лиц с низкой ФА, так и у спортсменов, которые выполняли преимущественно динамические нагрузки. Это согласуется с данным других исследователей, которые у спортсменов обнаружили минимальное различие или не обнаружили его вообще в показателях глобальной деформации ЛЖ по сравнению со здоровыми лицами контрольных групп [26-28]. Выявленные исследователями более низкие или более высокие значения показателей глобальной деформации по сравнению с соответствующими показателями контрольных групп при этом не выходили за пределы нормальных значений [29-31].

## Заключение

Таким образом, в настоящем исследовании у молодых людей без известных заболеваний ССС и уровнях ежедневной ФА от крайне низкого до рекомендуемого ВОЗ, структурно-функциональные характеристики миокарда достоверно отличались показателей профессиональных спортсменов видов спорта на выносливость, при этом в обеих группах не выходили за пределы возрастной нормы. Показатели ФВ ЛЖ были достоверно выше в группе НeС, за счет низких показателей КСО. При этом

в группе профессиональных спортсменов все показатели также оставались в пределах возрастной нормы. Показатели деформации миокарда находились в пределах нормы у всех обследованных.

**Ограничения исследования.** Настоящее исследование имеет ряд ограничений и, прежде всего, — это небольшой размер групп, в результате чего, по многим параметрам не удалось достичь статистически достоверных различий, а также не позволило проанализировать показатели в зависимости от пола обследованных. Еще одним существенным ограничением является использование опросника определения уровня ФА. По данным исследований, в настоящее время ни один из имеющихся опросников ФА не демонстрирует достаточного уровня понятийной валидности, чувствительности и надежности. Кроме того, показано, что по сравнению с прямым измерением активности данные опросников неадекватно (в сторону увеличения) оценивают уровень ФА [32]. Кроме того, одномоментный тип исследования, не позволяет установить причинно-следственный характер связей.

**Отношения и деятельность:** все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

## Литература/References

1. Myers J, McAuley P, Lavie CJ, et al. Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness as Major Markers of Cardiovascular Risk: Their Independent and Interwoven Importance to Health Status. *Prog Cardiovasc Dis.* 2015;57(4):306-14. doi:10.1016/j.pcad.2014.09.011.
2. Roth GA, Abate D, Abate KH, et al. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet.* 2018;392(10159):1736-88. doi:10.1016/S0140-6736(18)32203-7.
3. Kaijser L, Berglund B. Myocardial lactate extraction and release at rest and during heavy exercise in healthy men. *Acta Physiol Scand.* 1992;144(1):39-45. doi:10.1111/j.1748-1716.1992.tb09265.x.
4. Strøm CC, Aplin M, Ploug T, et al. Expression profiling reveals differences in metabolic gene expression between exercise-induced cardiac effects and maladaptive cardiac hypertrophy: Gene expression in exercise-induced cardiac hypertrophy. *FEBS J.* 2005;272(11):2684-95. doi:10.1111/j.1742-4658.2005.04684.x.
5. Markus MRP, Ittermann T, Drzyzga CJ, et al. Lower Cardiorespiratory Fitness Is Associated With a Smaller and Stiffer Heart. *JACC: Cardiovasc Imaging.* 2021;14(1):310-3. doi:10.1016/j.jcmg.2020.07.032.
6. Markus MRP, Ittermann T, Kim S, et al. Lower muscular strength is associated with smaller left and right chambers and lower cardiac mass in the general population — The Sedentary's Heart. *Prog Cardiovasc Dis.* 2021;68:36-51. doi:10.1016/j.pcad.2021.09.004.
7. Vega RB, Konhilas JP, Kelly DP, et al. Molecular Mechanisms Underlying Cardiac Adaptation to Exercise. *Cell Metab.* 2017;25(5):1012-26. doi:10.1016/j.cmet.2017.04.025.
8. Waring CD, Vicinanza C, Papalamprou A, et al. The adult heart responds to increased workload with physiologic hypertrophy, cardiac stem cell activation, and new myocyte formation. *Eur Heart J.* 2014;35(39):2722-31. doi:10.1093/eurheartj/ehs338.
9. Saltin B, Blomqvist G, Mitchell JH, et al. Response to exercise after bed rest and after training. *Circulation.* 1968;38(5 Suppl):VII1-78.
10. McGuire DK, Levine BD, Williamson JW, et al. A 30-Year Follow-Up of the Dallas Bed Rest and Training Study: II. Effect of Age on Cardiovascular Adaptation to Exercise Training. *Circulation.* 2001;104(12):1358-66. doi:10.1161/hc3701.096099.
11. Kyu HH, Bachman VF, Alexander LT, et al. Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *BMJ.* 2016;i3857. doi:10.1136/bmj.i3857.
12. Runacres A, Mackintosh KA, McNarry MA. Health Consequences of an Elite Sporting Career: Long-Term Detriment or Long-Term Gain? A Meta-Analysis of 165,000 Former Athletes. *Sports Med.* 2021;51(2):289-301. doi:10.1007/s40279-020-01379-5.
13. Chapman MA, Arif M, Emanuelsson EB, et al. Skeletal Muscle Transcriptomic Comparison between Long-Term Trained and Untrained Men and Women. *Cell Rep.* 2020;31(12):107808. doi:10.1016/j.celrep.2020.107808.
14. Abergel E, Chatellier G, Hagege AA, et al. Serial left ventricular adaptations in world-class professional cyclists. *JACC.* 2004;44(1):144-9. doi:10.1016/j.jacc.2004.02.057.
15. Drobязко ОА, Чумакова ОС, Затеишиков ДА, et al. Echocardiography-based structural and functional features and indicators of the left ventricular deformation in athletes. *The Siberian Medical Journal.* 2019;34(1):48-53. (In Russ.) Дробязко О.А., Чумакова О.С., Затеишиков Д.А. и др. Структурно-функциональные особенности и показатели дефор-

- мации левого желудочка сердца спортсменов по данным speckle tracking эхокардиографии. Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2019;34(1):48-53. doi:10.29001/2073-8552-2019-34-1-48-53.
16. Drzyzga CJ, Bahls M, Ittermann T, et al. Lower Cardiorespiratory Fitness Is Associated With Right Ventricular Geometry and Function — The Sedentary’s Heart: SHIP. *J Am Heart Assoc.* 2021;10(22). doi:10.1161/JAHA.120.021116.
  17. Ryu S, Chang Y, Kang J, et al. Physical activity and impaired left ventricular relaxation in middle aged adults. *Scientific Reports.* 2018;8(1):12461. doi:10.1038/s41598-018-31018-z.
  18. Lounassalo I, Salin K, Kankaanpää A, et al. Distinct trajectories of physical activity and related factors during the life course in the general population: a systematic review. *BMC Public Health.* 2019;19(1):271. doi:10.1186/s12889-019-6513-y.
  19. Nikiforov VS, Nikishchenkova YuV. Modern Possibilities of Speckle Tracking Echocardiography in Clinical Practice. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology.* 2017;13(2):248-55. (In Russ.) Никифоров В.С., Никищенко Ю.В. Современные возможности speckle tracking эхокардиографии в клинической практике. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии.* 2017;13(2):248-55. doi:10.20996/1819-6446-2017-13-2-248-255.
  20. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(1):1-39.e14. doi:10.1016/j.echo.2014.10.003.
  21. Baggish AL, Wang F, Weiner RB, et al. Training-specific changes in cardiac structure and function: a prospective and longitudinal assessment of competitive athletes. *J Appl Physiol.* 2008;104(4):1121-8. doi:10.1152/jappphysiol.01170.2007.
  22. Huonker M, König D, Keul J. Assessment of Left Ventricular Dimensions and Functions in Athletes and Sedentary Subjects at Rest and During Exercise Using Echocardiography, Doppler Sonography and Radionuclide Ventriculography. *Int J Sports Med.* 1996;17(S3):S173-9. doi:10.1055/s-2007-972920.
  23. Vinereanu D, Florescu N, Sculthorpe N, et al. Left ventricular long-axis diastolic function is augmented in the hearts of endurance-trained compared with strength-trained athletes. *Clin Sci.* 2002;103(3):249-57. doi:10.1042/cs1030249.
  24. Sugiura Kojima M, Noda A, Miyata S, et al. The Effect of Habitual Physical Training on Left Ventricular Function During Exercise Assessed by Three-Dimensional Echocardiography. *Echocardiography.* 2015;32(11):1670-5. doi:10.1111/echo.12934.
  25. Schairer JR, Stein PD, Keteyian S, et al. Left ventricular response to submaximal exercise in endurance-trained athletes and sedentary adults. *Am J Cardiol.* 1992;70(9):930-3. doi:10.1016/0002-9149(92)90741-G.
  26. Butz T, van Buuren F, Mellwig KP, et al. Two-dimensional strain analysis of the global and regional myocardial function for the differentiation of pathologic and physiologic left ventricular hypertrophy: a study in athletes and in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2011;27(1):91-100. doi:10.1007/s10554-010-9665-5.
  27. Cappelli F, Toncelli L, Cappelli B, et al. Adaptive or maladaptive hypertrophy, different spatial distribution of myocardial contraction. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2010;30(1):6-12. doi:10.1111/j.1475-097X.2009.00896.x.
  28. Galderisi M, Lomoriello VS, Santoro A, et al. Differences of Myocardial Systolic Deformation and Correlates of Diastolic Function in Competitive Rowers and Young Hypertensives: A Speckle-Tracking Echocardiography Study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23(11):1190-8. doi:10.1016/j.echo.2010.07.010.
  29. Caselli S, Montesanti D, Autore C, et al. Patterns of Left Ventricular Longitudinal Strain and Strain Rate in Olympic Athletes. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(2):245-53. doi:10.1016/j.echo.2014.10.010.
  30. Simsek Z, Hakan Tas M, Degirmenci H, et al. Speckle Tracking Echocardiographic Analysis of Left Ventricular Systolic and Diastolic Functions of Young Elite Athletes with Eccentric and Concentric Type of Cardiac Remodeling. *Echocardiography.* 2013;30(10):1202-8. doi:10.1111/echo.12263.
  31. Mamaeva OP, Pavlova NE, Podlesov AM, et al. The comparison of 2D and 3D speckle-tracking echocardiography values in young athletes. *Sports medicine: research and practice.* 2018;8(3):49-58. (In Russ.) Мамаев О.П., Павлова Н.Е., Подлесов А.М. и др. Сравнительная оценка показателей двухмерной эхокардиографии и эхокардиографии в трехмерном режиме с технологией speckle-tracking у молодых спортсменов. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2018;8(3):49-58. doi:10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.49.
  32. van Poppel MNM, Chinapaw MJM, Mokkink LB, et al. Physical Activity Questionnaires for Adults: A Systematic Review of Measurement Properties. *Sports Med.* 2010;40(7):565-600. doi:10.2165/11531930-000000000-00000.



## Приложение

### Короткий международный опросник для определения ФА — IPAQ (International Questionnaire on Physical Activity)

№ п/п	Вопрос	Ответ	Баллы
1	Сколько раз в неделю вы занимаетесь интенсивной физической нагрузкой	_____ дней	= число дней
2	Сколько обычно длится ваша интенсивная физическая нагрузка	До 10 мин	0
		10-20 мин	1
		20-40 мин	3
		40-60 мин	5
		Более 1 ч	7
3	Сколько раз в неделю вы занимаетесь неинтенсивной физической нагрузкой	_____ дней	= число дней
4	Сколько обычно длится ваша неинтенсивная физическая нагрузка	До 20 мин	0
		20-40 мин	1
		40-60 мин	3
		60-90 мин	5
		1,5 ч и более	7
5	Сколько дней в неделю вы ходите пешком	_____ дней	= число дней
6	Какова обычная продолжительность ваших пеших прогулок	До 20 мин	0
		20-40 мин	1
		40-60 мин	3
		60-90 мин	5
		1,5 ч и более	7
7	Сколько обычно часов вы проводите в сидячем положении	8 ч	0
		7-8 ч	1
		6-7 ч	2
		5-6 ч	3
		4-5 ч	4
		3-4 ч	5
		3-1 ч	6
Менее 1 ч	7		

Примечание: под интенсивной физической нагрузкой понимается нагрузка >10 мин, приводящая к повышению пульса более чем на 20% (плавание, бег, езда на велосипеде, шейпинг, занятия на беговой дорожке или эллипсоиде, игровые виды спорта: футбол, волейбол, теннис).