https://doi.org/10.17816/22217185.2021.4.201261

BY-NC-SA 4.0

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

# Сравнительный анализ аэробных кардиореспираторных тренировок высокой и умеренной интенсивности у больных кардиохирургического профиля

**Т.Т. Какучая✉, Т.Г. Джитава, Н.В. Пачуашвили, А.М. Куулар, И.И. Домрачева, Н.Э. Закарая**

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Москва, Россия

***Аннотация***

***Цель.*** Провести сравнительный анализ эффективности аэробных кардиореспираторных интервальных тренировок высокой интенсивности и постоянных тренировок умеренной интенсивности в кардиореабилитации взрослых больных после операций на открытом сердце.

***Материал и методы.*** В исследование вошли 137 пациентов после аортокоронарного шунтирования (АКШ). Проводилось сравнение групп пациентов по программам реабилитационных мероприятий: одной группе проводились постоянные аэробные тренировки умеренной и средней интенсивности, другой – аэробные высокоинтенсивные интервальные физические тренировки. Подавляющее большинство пациентов после АКШ (90,4%) были отнесены к I функциональному классу хронической сердечной недостаточности по шкале Нью-Йоркской кардиологической ассоциации. Кардиореабилитационные программы с использованием аэробных физических тренировок на велоэргометре начинали проводить через 4 нед после АКШ. Физическая реабилитация с использованием аэробных кардиореспираторных физических упражнений – велотренировок – проводилась в течение 4–7 нед по 150 мин в неделю.

***Результаты.*** У больных после АКШ достоверно улучшались показатели кардиореспираторного теста и некоторые эхокардиографические параметры после 3-недельного и 7-недельного цикла аэробных кардиореспираторных тренировок (КРТ), при этом в большей степени в группе высокоинтенсивных интервальных физических тренировок, чем в группе постоянных тренировок средней интенсивности. Это были показатели пикового потребления кислорода, частоты сердечных сокращений, мощности нагрузки, конечно-диастолического объема и фракции выброса левого желудочка. Также к концу 7-недельного цикла КРТ достоверно снижался индекс массы тела, в большей степени в группе высокоинтенсивных интервальных физических тренировок. Интересна динамика лабораторных показателей: увеличивался уровень липопротеидов высокой плотности в обеих группах, при этом коэффициент атерогенности не менялся. Также через 7 нед тренировок достоверно снижался уровень триглицеридов. Полученные нами сведения подтверждают тот факт, что аэробные КРТ улучшают биогенез митохондрий, липидный профиль, кровяное давление и способствуют уменьшению абдоминального ожирения.

***Заключение.*** Аэробные высокоинтенсивные интервальные физические тренировки так же безопасны в рамках программы кардиореабилитации у больных после операций на открытом сердце, как и постоянные аэробные тренировки умеренной интенсивности.

***Ключевые слова:*** аэробные кардиореспираторные тренировки высокой и средней интенсивности, аортокоронарное шунтирование, кардиореабилитация

***Для цитирования:*** Какучая Т.Т., Джитава Т.Г., Пачуашвили Н.В., Куулар А.М., Домрачева И.И., Закарая Н.Э. Сравнительный анализ аэробных кардиореспираторных тренировок высокой и умеренной интенсивности у больных кардиохирургического профиля. CardioСоматика. 2021;12(4):190–199. DOI: 10.17816/22217185.2021.4.201261

## Введение

Регулярная физическая активность оказывает большой спектр оздоровительных эффектов. Следствием регулярных физических нагрузок является снижение риска развития ишемической болезни сердца (ИБС), цереброваскулярных заболеваний, артериальной гипертензии, сахарного диабета, ожирения. В условиях отсутствия физически активного образа жизни и нерационального питания развитие факторов риска происходит ускоренно. Многочисленные исследования демонстрируют низкую частоту обнаружения ИБС у физически активных людей. Регулярная физическая активность умеренной интенсивности снижает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ).

Положительные эффекты, связанные с увеличением физической активности:

- снижение риска ИБС и инсульта;
- увеличение фибринолитической активности крови;

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

АД – артериальное давление
АКШ – аортокоронарное шунтирование
ВИИФТ – высокоинтенсивные интервальные физические тренировки
ДАД – диастолическое артериальное давление
ДИ – доверительный интервал
ИБС – ишемическая болезнь сердца
ИК – искусственное кровообращение
ИМТ – индекс массы тела
КДО – конечный диастолический объем
КР – кардиореабилитация
КРТ – кардиореспираторные тренировки
ЛЖ – левый желудочек
МТ – масса тела
ОР – относительный риск
ПТСИ – постоянные тренировки средней интенсивности
САД – систолическое артериальное давление
ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания
ТФН – толерантность к физическим нагрузкам
ФВ – фракция выброса
ФК – функциональный класс
ХСН – хроническая сердечная недостаточность
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЭхоКГ – эхокардиография
$VO_2$ – объем потребления кислорода

 © CONSILIUM MEDICUM, 2021 

ORIGINAL ARTICLE

# Comparative analysis of aerobic cardiorespiratory training of high and moderate intensity in cardiac surgery profile patients

**Tea T. Kakuchaya✉, Tamara G. Dzhitava, Nona V. Pachuashvili, Arzhana M. Kuular, Irina I. Domracheva, Nino E. Zakaraya**

Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russia

***Abstract***

***Aim.*** The aim of our study was to conduct a comparative analysis of aerobic high-intensity interval training and constant moderate intensity training in cardiac rehabilitation of adult patients after open-heart surgery, namely after coronary artery bypass grafting (CABG).

***Material and methods.*** 137 patients after CABG were included in the study. 90.4% of patients were consider as class I of chronic heart failure after surgery. Cardiorespiratory trainings were initiate in 4 weeks after surgery, using cycling by veloergometers. Two groups were compare according to rehabilitation programs: one carried out constant aerobic trainings of moderate and medium intensity, and the other, aerobic high-intensity interval trainings. Supervised trainings were carry out for 150 minutes per week. Totallength of trainings was 4–7 weeks. Long-term trainings were distantly monitore.

***Results.*** Ergospirometric results as well as results of echocardiography were significantly improve after training course. These results were more significant in high-intensity interval training group compared to moderate intensity-training group. $VO_2$, heart rate and training power significantly improved. Body mass index significantly diminished in high-intensity interval training group compared to moderate intensity-training group. In 7 weeks after training ominously decreased blood triglycerides and increased high-density lipoproteins.

***Conclusion.*** Cardiorespiratory trainings ameliorate mitochondrial biogenesis, carbohydrate and lipid metabolism, promote to reduce abdominal obesity and other crucial risk factors of coronary patients. Aerobic high-intensity interval cardiac trainings are as safe as moderate intensity cardiac trainings, and in some issues, they outperform moderate intensity cardiac trainings.

***Keywords:*** aerobic cardiorespiratory trainings, high intensity interval trainings, low and moderate intensity cardiac trainings, coronary artery bypass surgery, cardiac rehabilitation

***For citation:*** Kakuchaya TT, Dzhitava TG, Pachuashvili NV, Kuular AM, Domracheva II, Zakaraya NE. Comparative analysis of aerobic cardiorespiratory training of high and moderate intensity in cardiac surgery profile patients. Cardiosomatics. 2021;12(4):190–199. DOI: 10.17816/22217185.2021.4.201261

- улучшение контроля сахарного диабета;
- снижение артериального давления (АД);
- улучшение липидного профиля;
- повышение толерантности к глюкозе;
- уменьшение массы тела (МТ);
- уменьшение тяжести депрессии;
- повышение стрессоустойчивости;
- улучшение функции дыхания;
- улучшение качества жизни;
- уменьшение остеоартритических болей и риска остеопороза.

Необходимо соблюдать индивидуальный подход в выборе вида тренировок для пациентов с ССЗ. Малоинтенсивные упражнения следует назначать пожилым и малотренированным пациентам. Наиболее эффективным из доступных видов физических тренировок является регулярная умеренная ходьба. Что касается нагрузок средней интенсивности, многие специалисты рекомендуют минимальный уровень энергетических затрат примерно 1000 ккал (4200 кДж) в неделю (эквивалентно 1 ч умеренной ходьбы 5 дней в неделю). Рекомендуемый суточный расход энергии для пациентов с ССЗ в настоящее время – от 150 до 400 ккал (630–1680 кДж) в сутки. Минимальная интенсивность тренировочного порога составляет примерно 45% частоты сердечных сокращений (ЧСС) для пациентов с ИБС. Такие параметры интенсивности тренировок задаются для больных с хронической сердечной недостаточностью (ХСН), когда речь идет о выборе той или иной программы кардиореабилитации (КР).

В физических тренировках присутствуют три составляющих: частота (сколько раз в неделю проходят занятия), интенсивность (насколько интенсивна работа во время тренировок) и время (как долго продолжается тренировка). Все эти три пункта составляют FIT-формулу – от английского F – frequency (частота), I – intensity (интенсивность), T – time (время). Грамотно сочетая все составляющие, можно наиболее эффективно спланировать тренировки.

Уровень физической нагрузки определяется по ЧСС. В зависимости от возраста и пола можно определить максимальную ЧСС. Ее можно посчитать по формуле: 220 минус возраст.

Выделяют четыре основных зоны интенсивности физических нагрузок, каждой из которых соответствуют определенный уровень биоэнергетических процессов и диапазон ЧСС:

1) физическая нагрузка малой интенсивности с ЧСС менее 75% от ее максимального значения;
2) физическая нагрузка поддерживающего характера с ЧСС от 75 до 85% от максимальной ЧСС, осуществляемая в аэробном режиме энергообеспечения;
3) физическая нагрузка развивающего характера с ЧСС от 85 до 95% от максимального значения и переходным аэробно-анаэробным режимом энергообеспечения;
4) физическая нагрузка субмаксимальной и максимальной интенсивности с ЧСС более 95% от максимальной и анаэробным режимом энергообеспечения.

Для оздоровительных целей рекомендована физическая нагрузка в пределах 1 и 2-й зоны интенсивности. Исследования показали, что нагрузка с интенсивностью 60–70% от максимальной ЧСС наиболее эффективна для сжигания жира, поэтому она используется для коррекции избыточной МТ.

У здоровых людей для оптимальной физической тренировки ЧСС должна составлять 85% от их максимальной ЧСС. Та-

кая частота должна поддерживаться на протяжении не менее 30 мин тренировки. Можно разделить 30-минутную тренировку на 10–15-минутные интервалы. Такая физическая нагрузка называется интенсивной интервальной. К интенсивной нагрузке можно отнести бег, езду на велосипеде, игру в баскетбол и пр. Нагрузки большей интенсивности являются привилегией спорта и требуют довольно высокого уровня подготовленности.

Достаточный тренировочный эффект наступает уже на уровне 50% от максимальной ЧСС. Такая физическая нагрузка называется нагрузкой средней интенсивности. К ней относятся прогулки пешком, танцы, нетяжелая работа в саду.

Ключевым требованием к функции сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке является обеспечение доставки необходимого количества кислорода и других питательных веществ к работающим мышцам. В исследованиях H. Barcroft и соавт. [1], A. Guyton и соавт. [2] по влиянию мышечной активности на кровоток в икроножной мышце во время сильных ритмических сокращений отмечается не только значительное увеличение кровотока, но и его снижение во время каждого мышечного сокращения. Все эти показатели непосредственно связаны между собой линейными отношениями, поскольку работа мышц увеличивает потребность в кислороде, а это, в свою очередь, ведет к расширению мышечных кровеносных сосудов, увеличивая венозный возврат и сердечный выброс. При снижении ЧСС эффективность насосной функции каждого удара сердца у тренированного человека на 30–40% выше, чем у нетренированного.

В рекомендациях Американской ассоциации кардиологов отмечено: при ХСН II–III функционального класса (ФК) по Нью-Йоркской шкале кардиологической реабилитации необходимо использовать силовые тренировки для небольших групп мышц, с ограниченным числом повторов и соотношением общей длительности периодов работы/восстановления минимум 1:2 [3].

Физические тренировки вызывают адаптационную физиологическую гипертрофию миокарда, в отличие от патологической гипертрофии, вызванной сердечной недостаточностью. Очевидно, что раннее введение тренирующих нагрузок в программу реабилитации больных с ХСН препятствует прогрессированию необратимых изменений и оптимизирует эффект медикаментозного лечения (B. Nilsson и соавт., 2008) [4]. Периферия играет существенную роль в компенсации редуцированной мощности сердца и поддержании удовлетворительной работоспособности. Это объясняет то, что даже пациенты с фракцией выброса (ФВ) менее 15% или максимальным сердечным индексом 1,6 л/м$^2$/мин могут переносить тренировки без негативных кардиальных последствий. То же касается и пациентов с низким максимальным объемом потребления кислорода – $VO_2$max (10 мл/кг/мин), если первично это является результатом чрезмерного «физического оберегания».

**Цель исследования** – проведение сравнительного анализа эффективности аэробных высокоинтенсивных интервальных физических тренировок (ВИИФТ) и постоянных тренировок умеренной интенсивности у взрослых больных после аортокоронарного шунтирования (АКШ).

## Материал и методы

Достоверно то, что физическая активность не только является безопасной для больных после операций АКШ, но и улучшает качество жизни, положительно влияя на толерантность к физической нагрузке (ТФН) и $VO_2$max [5–10]. Для оптимального использования программ физических тренировок важно понимание механизмов, с помощью которых улучшается клиническое состояние

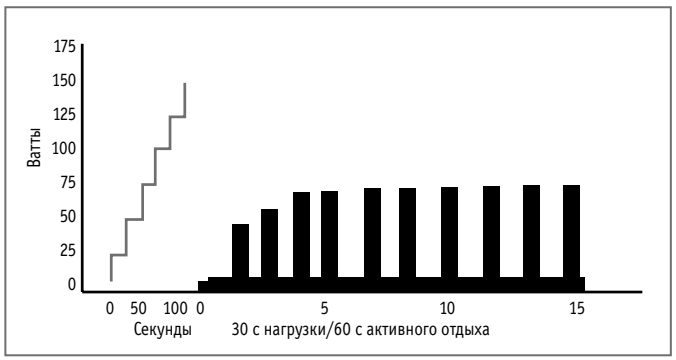


**Рис. 1. Модель быстрого рамп-теста и тренировки с интенсивностью 50% от максимума.**

**Fig. 1. Rapid ramp test model and training with an intensity of 50% of maximum.**

пациентов с ХСН. Данные механизмы обусловлены коморбидностью системных эффектов физических тренировок, непосредственным влиянием на кардиоваскулярную систему и процессы ремоделирования миокарда. Тренирующие физические нагрузки рекомендуются пациентам со стабильной ХСН I–II ФК. Главными факторами, усугубляющими снижение физической и социальной активности, а также качества жизни при ХСН, являются одышка, слабость и нарушения ритма сердца, приводящие к уменьшению ТФН. Мощность выполняемой пациентами нагрузки зависит не только от центральной гемодинамики, но и от процессов, развивающихся при ХСН в миокарде правого и левого желудочка (ЛЖ).

*Уровни интенсивности аэробных физических тренировок, используемых в нашем исследовании:*

а) тренировки легкой интенсивности, при которых достигается 40–60% $VO_2$max или 40–60% от максимальной тренировочной ЧСС;

б) тренировки умеренной/средней интенсивности, при которых достигается 75 и 80% $VO_2$max или 75 и 80% от максимальной тренировочной ЧСС соответственно;

в) интервальные тренировки высокой интенсивности, при которых достигается 85% $VO_2$max или 85% от максимальной тренировочной ЧСС.

В клинической практике зарекомендовал себя режим интервальных тренировок с длительностью нагрузки 30 с и последующей фазой отдыха 60 с. Рекомендуется интенсивность нагрузочной фазы 50% от максимальной ЧСС при специфическом быстром рамп-тесте (**рис. 1**) [10].

В качестве альтернативы могут быть выбраны другие комбинации нагрузки и отдыха, например 15/60 с или 10/60 с при 70 или соответственно 80% от максимальной нагрузки рамп-теста.

*Выделяют ВИИФТ трех видов в зависимости от длительности промежуточных интервалов в процессе таких тренировок* [11, 12]:

а) с длинными промежуточными интервалами от 3 до 15 мин с $VO_2$max 85 и 90% соответственно;

б) со средними промежуточными интервалами от 1 до 3 мин с $VO_2$max 95 и 100% соответственно;

в) с короткими промежуточными интервалами от 10 с до 1 мин с $VO_2$max 100 и 120% соответственно.

*В нашем исследовании мы использовали отработанную с точки зрения безопасности и эффективности схему ВИИФТ* с 4-минутными высокоинтенсивными тренировками, сопровождаемыми промежуточными 3-минутными паузами отдыха, – «скандинавскую модель» ВИИФТ, которая успешно применялась в 14 международных исследованиях (**рис. 2**) [13].

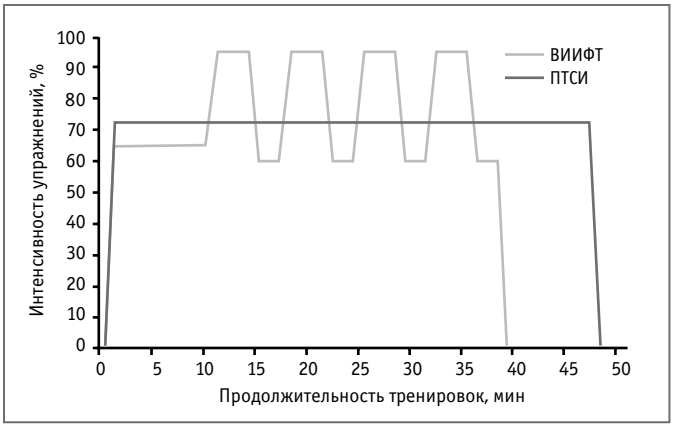


**Рис. 2. Программа 4×4: 4 мин высокоинтенсивных упражнений (ВИИФТ), сопровождаемые 3-минутными паузами, с подходами по 4 раза – «скандинавская модель» (% от максимального показателя ЧСС).**
**Fig. 2. 4×4 program: four lots of 4-minute high intensity interval training (HIIT) broken up by 3-minute pauses – "Scandinavian model" (% of the maximum heart rate).**

В настоящее время нет консенсуса в отношении того, какой параметр больше подходит для выбора интенсивности или какая интенсивность оптимальна для аэробных тренировок [13–16]. Касательно потребления кислорода, успешно используют интенсивность от 40 до 80% $VO_2$max. Метод выбора интенсивности по ЧСС базируется на линейной зависимости ЧСС и $VO_2$.

Согласно рекомендациям Американского колледжа спортивной медицины [17] программы тренировок для группы пациентов с ХСН должны проходить три фазы:

1) начальную, с низкой интенсивностью и короткими сессиями;
2) фазу адаптации;
3) фазу улучшения, в основе которой лежит увеличение интенсивности.

*Непрерывные нагрузки имеют целью поддерживать ЧСС на повышенном уровне в течение всей тренировки*. Интервальные, или прерывистые, тренировки позволяют периодически снижать/повышать напряжение миокарда. Они выполняются на более высоком уровне интенсивности, чем непрерывные нагрузки умеренной мощности. Оба вида аэробных нагрузок эффективны для больных с ХСН, хотя показано, что эффективность интервальных тренировок выше.

В нашем исследовании исходная средняя ТФН до вступления в программу КР составляла 6,3±2,0 METs (отражает объем потребления кислорода в минуту в покое). Мы предлагали пациентам соответствующие тренировочные программы легкой, умеренной и высокой интенсивности.

В исследование вошли 137 пациентов (70 мужчин и 67 женщин; медиана возраста 68,5±8,3 года) после АКШ в ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева». Пациенты проходили КР в отделении кардиохирургического лечения и реабилитации взрослых больных с сердечной патологией в НИИ кардиохирургии им. В.И. Бураковского. Критериями исключения пациентов из исследования были: желудочковые нарушения ритма сердца высоких градаций; постоянная форма фибрилляции предсердий; атриовентрикулярная блокада 2–3-й степени, неконтролируемая артериальная гипертензия, острый перикардит, миокардит, гидроторакс, сахарный диабет в стадии декомпенсации, тромбоэмболии в недавнем анамнезе (менее 2 мес), ЧСС≥100 уд/мин в покое, ортопедические и/или неврологические нарушения, препятствующие выполнению нагрузочного теста; хроническая обструктивная болезнь легких, заведомо низкая приверженность лечению и КР. Подавляющее большинство пациентов после АКШ 90,4% были отнесены к I ФК ХСН. Программы КР с использованием аэробных физических тренировок на велоэргометре начинали проводить через 4 нед после АКШ. Физическая реабилитация проводилась в течение 4–7 нед по 150 мин в неделю с использованием аэробных кардиореспираторных физических упражнений – велотренировок.

**Применяемые методы исследования.** По стандартным методикам проводились электрокардиография, холтеровское мониторирование, трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ), эргоспирометрия. Эргоспирометрический тест наилучшим образом позволяет оценить функциональные адаптационные возможности кардиореспираторной системы у больных и подобрать оптимальный протокол физических тренировок. При проведении курса ранней реабилитации ТФН у пациентов оценивалась в METs.

В раннем послеоперационном периоде использовали программу, разработанную профессором Д.М. Ароновым [18]. Необходимый темп дозированной ходьбы для каждого больного рассчитывали по формуле: ТХ=0,042×М+0,15×ЧСС+65,5, где ТХ – искомый темп ходьбы (шагов в минуту), М – максимальная нагрузка при велоэргометрической пробе в кгм/мин (нагрузку в Вт умножаем на 6), ЧСС – ЧСС на максимальной нагрузке при велоэргометрической пробе. Далее, через 4 нед после АКШ, проводился тест эргоспирометрии для оценки ТФН. Оценивался прогностический метаболический эквивалент (МЕ) для мужчин и женщин по формулам: прогностический уровень МЕ (для мужчин) равен 14,7–0,11×(возраст); прогностический уровень МЕ (для женщин) равен 14,7–0,13×(возраст).

Программы аэробных физических тренировок высокой интенсивности начинали проводиться пациентам с высоким прогностическим уровнем МЕ после операций: 6,7±0,3 до 8,5±1,1 ($p$=0,002).

**Статистическая обработка данных** проводилась при помощи программ SPSS 17.0 и Microsoft Excel (версия 7.0). Показатели представлены данными среднего и стандартного отклонения (M±SD). Качественные показатели представлялись в виде доли (%) от общего числа больных по выборке или в соответствующей группе. Для сравнения показателей двух групп использовались критерий $\chi^2$, точный тест Фишера с учетом выборок маленьких размеров, тест Вилкоксона, тест Манна–Уитни и его модификация U-тест Манна–Уитни. В случае распределения, близкого к нормальному, для сравнения двух выборок использовали также критерий Стьюдента. Корреляционный анализ проводился с использованием ранговой корреляции Спирмена. Различия считались статистически значимыми при $p$<0,05.

## Результаты

Пациентам с высоким уровнем готовности к аэробным кардиореспираторным тренировкам (КРТ) и низким риском развития неблагоприятных событий (96 человек) предложен переход от аэробных КРТ средней интенсивности в течение 2 дней к интервальным высокоинтенсивным аэробным КРТ; 41 пациенту с низким уровнем готовности к физическим тренировкам и средним риском развития неблагоприятных событий были предложены только аэробные КРТ умеренной/средней интенсивности (постоянные тренировки средней интенсивности – ПТСИ). В нашем исследовании аэробные КРТ проводились под непосредственным контролем врачей на протяжении 4 нед и далее с дистанционным мониторингом на протяжении еще 3 нед.

Сравнительный анализ результатов ВИИФТ и ПТСИ приведен в **табл. 1**.

**Таблица 1. Сравнительный анализ показателей $VO_2$max, ЧСС, мощности нагрузки, дыхательного коэффициента и кислородного пульса**
**Table 1. Comparative analysis of $VO_2$max, heart rate, exercise power, respiratory quotient and oxygen pulse**

| Параметры | ВИИФТ | | | *p*-показатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 нед | 3 нед | 7 нед | внутри группы | сравнение между ВИИФТ и ПТСИ | |
| $VO_2$, мл/кг/мин | 23,5±5,7 | 26,7±5,7 | 30,6±6,9 | ***a,b,c | * | Значимое |
| ЧСС, уд/мин | 134±21 | 140±19 | 147±18,2 | ***a,b,c | ** | Значимое |
| Мощность, Вт | 154+38,8 | 177±45 | 192±46,9 | ***a,b,c | * | Значимое |
| RER | 1,26±0,12 | 1,27±0,12 | 1,28±0,11 | НЗ | НЗ | НЗ |
| $O_2$-пульс, мл/уд/мин | 14,8±3,6 | 16±3,5 | 18,6±3,5 | ***a,b,c | НЗ | НЗ |
| ПТСИ | | | | | | |
| $VO_2$, мл/кг/мин | 22,4±5,6 | 25,2±6,2 | 27,8±6,7 | ***a,b,c | * | Значимое |
| ЧСС, уд/мин | 129±21,1 | 133±22,3 | 138±21,5 | ***a,b,c | ** | Значимое |
| Мощность, Вт | 145±41 | 169±47,9 | 180±46,6 | ***a,b,c | * | Значимое |
| RER | 1,26±0,11 | 1,26±0,09 | 1,27±0,09 | НЗ | НЗ | НЗ |
| $O_2$-пульс, мл/уд/мин | 14,7±2,9 | 15,9±3,3 | 16,7±3,2 | ***a,b | НЗ | НЗ |

Примечание: a – показатели через 3 нед значимо отличались от исходных показателей, b – показатели через 7 нед значимо отличались от исходных, c – показатели через 7 нед значимо отличались от показателей через 3 нед; *$p$<0,05; **$p$<0,01; ***$p$<0,001; здесь и далее в табл. 5: RER (respiratory exchange ratio) – дыхательный коэффициент; здесь и далее на рис. 3 и в табл. 2: НЗ – не значимо.

**Таблица 2. Сравнительный анализ некоторых клинико-лабораторных параметров в ответ на ВИИФТ и ПТСИ**
**Table 2. Comparative analysis of some clinical and laboratory parameters in response to HIIT and moderate intensity continuous training (MICT)**

| Параметры | ВИИФТ | ПТСИ | *p*-показатели | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 нед | 7 нед | 0 нед | 7 нед | внутри группы | сравнение между группами | |
| МТ, кг | 84,6±14,5 | 79,1±11 | 85,1±14 | 83,6±10,4 | ** | * | Значимое |
| ИМТ, кг/м$^2$ | 27,9±4,1 | 25±3,9 | 28,5±4,3 | 26,2±4,2 | * | | НЗ |
| Окружность талии, см | 99,7±11,7 | 97±11,5 | 99,5±11,3 | 97,6±10,9 | **НЗ** | | НЗ |
| ЧСС в покое, уд/мин | 59,9±7,9 | 55,4±7,4 | 57,4±10,5 | 55,4±8,1 | ** | | НЗ |
| САД, мм рт. ст. | 125±14,4 | 125±14,3 | 128±17,2 | 122±13,1 | *** | | НЗ |
| ДАД, мм рт. ст. | 75,8±8,4 | 74,7±8,4 | 76,2±9,0 | 72,5±8,2 | * | * | Значимое |
| Глюкоза тощаковая, ммоль/л | 5,4±1,4 | 5,59±1,4 | 5,29±0,8 | 5,47±1,32 | **НЗ** | | НЗ |
| Холестерин общий, ммоль/л | 3,61±0,71 | 3,78±0,74 | 3,6±0,78 | 3,76±0,78 | * | | НЗ |
| Липопротеиды высокой плотности, ммоль/л | 1,23±0,27 | 1,11±0,26 | 1,31±0,28 | 1,21±0,31 | ** | | НЗ |
| Коэффициент атерогенности | 3,33±0,96 | 3,23±0,85 | 3,41±0,96 | 3,27±0,89 | **НЗ** | | НЗ |
| Липопротеиды низкой плотности, ммоль/л | 1,88±0,51 | 1,97±0,53 | 1,98±0,66 | 2,05±0,66 | **НЗ** | | НЗ |
| Триглицериды, ммоль/л | 1,49±0,99 | 1,45±0,90 | 1,48±0,49 | 1,45±0,47 | * | | НЗ |

*$p$<0,05; **$p$<0,01; ***$p$=0,056.

Таким образом, со временем достоверно менялись показатели $VO_2$, ЧСС, мощности нагрузки и кислородного пульса ($p$<0,001). $VO_2$, ЧСС и мощность нагрузки достоверно значительнее увеличивались в группе ВИИФТ, чем в группе ПТСИ.

$VO_2$max увеличивался на 7,6±6,8% после 7 нед аэробных тренировок в группе ВИИФТ, и на 5,4±4,3% – в группе ПТСИ (**рис. 3**).

Также отмечалась динамика в некоторых сердечно-сосудистых факторах и лабораторных показателях, что отражено в **табл. 2**.

В обеих группах после аэробных КРТ высокой и средней интенсивности отмечались достоверное снижение МТ, индекса МТ (ИМТ), ЧСС в покое, снижение систолического (САД) и диастолического (ДАД) АД, в большей степени ДАД, улучшение показателя липопротеидов высокой плотности и достоверное снижение уровня триглицеридов, но коэффициент атерогенности в результате аэробных КРТ не менялся. Значимой разницы в изменении показателей из **табл. 2** между группами ВИИФТ и ПТСИ, кроме МТ и ДАД, не отмечалось.

Общая динамика других параметров: нагрузки (Вт), отношения минутного объема дыхания к продукции углекислого газа ($VE/VCO_2$), теста 6-минутной ходьбы, анаэробного порога до и после завершения полного цикла аэробных КРТ у пациентов после АКШ показана в **табл. 3**.

В **табл. 4** приведен сравнительный анализ ЭхоКГ-показателей в группах ВИИФТ и ПТСИ.

Таким образом, из базовых показателей ЭхоКГ за 3-недельный период аэробных КРТ мы наблюдали статистически достоверное уменьшение конечного диастолического объема (КДО)

**Таблица 3. Результаты динамики параметров нагрузки, $VE/VCO_2$, теста 6-минутной ходьбы, анаэробного порога до и после аэробных КРТ у пациентов после АКШ**

**Table 3. Results of the dynamics of load parameters, $VE/VCO_2$, 6-minute walk test, anaerobic threshold before and after aerobic cardiorespiratory training (CRT) in patients after coronary artery bypass grafting (CABG)**

| | |
|---|---|
| **Нагрузка, Вт** | |
| Начало КР | 122±36 |
| | *p*<0,001 |
| После КР | 157±49 |
| D, % | 35±13 |
| **Анаэробный порог, %** | |
| Начало КР | 14±8 |
| | *p*<0,004 |
| После КР | 17,2±10 |
| D анаэробный порог, % | 3,2±5 |
| **$VE/VCO_2$** | |
| Начало КР | 34±5 |
| | *p*<0,092 |
| После КР | 30±6 |
| D $VE/VCO_2$, % | 4±12 |
| **Тест 6-минутной ходьбы, м** | |
| Начало КР | 472±62 |
| | *p*<0,001 |
| После КР | 500±73 |
| D тест 6-минутной ходьбы, % | 28±13 |

ЛЖ (*p*=0,025 670) и увеличение ФВ (*p*=0,003 683), в большей степени в группе ВИИФТ.

Проводилась оценка динамики ИМТ у тренирующихся пациентов. Показатель ИМТ имел статистически достоверные различия между группами как до (*p*=0,049 161), так и после (*p*=0,001 215) проведенного периода тренировок: до тренировок

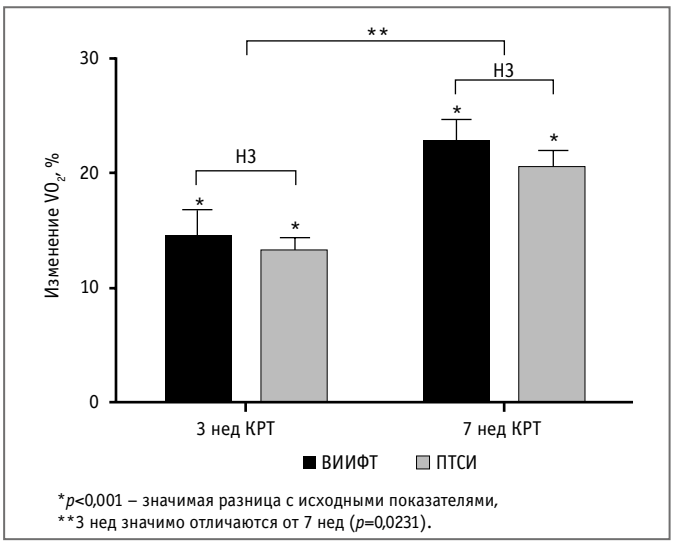


**Рис. 3. Изменение $VO_2$max в результате ВИИФТ и ПТСИ через 3 и 7 нед.**

**Fig. 3. Change in $VO_2$max with HIIT and MICT in 3 and 7 weeks.**

в группе с умеренной нагрузкой – 28,4872±2,624 498, после тренировок – 29,7895±2,303 439; а в группе с интенсивной нагрузкой до тренировок – 29,5439±2,500 501, соответственно после занятий – 28,2632±2,100 394. Обращает на себя внимание тот факт, что показатель ИМТ в группе с умеренной нагрузкой несколько вырос, а в группе с интенсивной физической нагрузкой, наоборот, снизился.

Уровень АД (САД и ДАД) был практически одинаков в группах до тренировок (САД – *p*=0,531 945; ДАД – *p*=0,108 655) и имел достоверные различия после занятий (САД – *p*=0,000 089; ДАД – *p*=0,000 021) с более выраженным снижением в группе с интенсивными тренировками.

Интересно проследить динамику изменений структурно-функциональных и клинико-инструментальных параметров в результате аэробных КРТ у больных после операций АКШ с искусственным кровообращением (ИК) и без него. Ранее подобный анализ не проводился ни в одном из исследований.

Динамика ТФН у больных после АКШ с ИК и без ИК в течение 7 нед аэробных КРТ приведена в **табл. 5**.

**Таблица 4. Сравнительный анализ базовых показателей ЭхоКГ при аэробных ВИИФТ и ПТСИ**

**Table 4. Comparative analysis of the basic parameters of echocardiography during aerobic HIIT and MICT**

| | ПТСИ, средний показатель | ПТСИ, стандартное отклонение | ВИИФТ, средний показатель | ВИИФТ, стандартное отклонение | Показатель распределения и статистической значимости в единицах стандартной ошибки (t-value) | *p*, U-критерий Манна–Уитни |
|---|---|---|---|---|---|---|
| КДО ЛЖ, мл (до тренировок) | 161,4872 | 3,315 607 | 160,3860 | 3,395 135 | 1,5756 | 0,118 473 |
| КДО после тренировок, мл | 157,7436 | 3,581 517 | 155,9474 | 3,961 516 | 2,2672 | 0,025 670 |
| КСО ЛЖ до тренировок, мл | 78,9487 | 2,973 114 | 78,6842 | 2,457 916 | 0,4753 | 0,635 699 |
| КСО после тренировок, мл | 75,9487 | 3,034 440 | 75,4737 | 2,500 752 | 0,8376 | 0,404 376 |
| КСР ЛЖ до тренировок, см | 37,7436 | 2,424 849 | 38,8070 | 2,960 686 | -1,8564 | 0,066 535 |
| КСР после тренировок, см | 36,5385 | 2,337 860 | 36,5439 | 2,639 468 | -0,0103 | 0,991 804 |
| КДР ЛЖ до тренировок, см | 49,9231 | 2,639 623 | 49,7193 | 3,183 408 | 0,3296 | 0,742 473 |
| КДР после тренировок, см | 49,1935 | 3,280 441 | 47,9123 | 3,089 618 | 1,8183 | 0,072 494 |
| ФВ ЛЖ до тренировок, % | 56,1026 | 1,682 649 | 57,4386 | 1,802 949 | -0,9212 | 0,359 296 |
| ФВ ЛЖ после тренировок, % | 57,3226 | 1,868 816 | 60,5439 | 1,813 345 | -2,9858 | 0,003 683 |

Примечание. КСО – конечный систолический объем, КСР – конечный систолический размер, КДР – конечный диастолический размер.

**Таблица 5. Динамика ТФН у больных после АКШ с ИК и без ИК в течение 7 нед аэробных КРТ**

**Table 5. Dynamics of exercise tolerance in patients after CABG with and without cardiopulmonary bypass during 7 weeks of aerobic CRT**

| Показатель | Группа больных | Период наблюдения | | | *p** |
|---|---|---|---|---|---|
| | | исходно | через 3 нед | через 7 нед | |
| Общая продолжительность нагрузки, с | АКШ с ИК | 280±20,3 | 352±42,3 | 410,8±30,3 | 0,001 |
| | АКШ без ИК | 290,3±35,4 | 345,2±35,0 | 500,2±10,0 | 0,001 |
| ТФН, METs | АКШ с ИК | 6,5±0,4 | 7,5±0,3 | 8,9±1,1 | 0,012 |
| | АКШ без ИК | 6,7±0,1 | 7,3±1,0 | 9,3±0,7 | 0,018 |
| ЧСС, уд/мин | АКШ с ИК | 80,8±2,0 | 72±1,6 | 72±1,6 | 0,002 |
| | АКШ без ИК | 80,4±1,5 | 73±1,2 | 73±1,2 | 0,003 |
| Продолжительность восстановительного периода, с | АКШ с ИК | 344,3±11,2*** | 265,3±12,4*** | 220,4±8,3 | 0,001 |
| | АКШ без ИК | 290,4±9,4 | 235,5±2,3 | 180±10,3 | 0,001 |

**p* в таблице отражает различия показателей через 7 нед КРТ с исходными показателями; *** достоверные различия между группами АКШ с ИК и без ИК.

Единственным различием в послеоперационном периоде между группами АКШ с ИК и без ИК была продолжительность периода восстановления. Впрочем, это различие было малодостоверным с тенденцией к более медленному восстановлению в группе АКШ с ИК, чем без ИК, по вполне понятным причинам. То же касается показателей респираторной функции и некоторых показателей ЭхоКГ.

Из особенностей восстановления в послеоперационном периоде следует отметить незначимое снижение таких показателей респираторной функции, как жизненная емкость легких и индекс Тиффно, в группе АКШ с ИК. Вышеперечисленные показатели возвращались к нормальным значениям в период от 3 до 7 нед после операции. В группе АКШ без ИК такой тенденции не отмечалось. После операции данные показатели функции внешнего дыхания не понижались. Напротив, жизненная емкость легких и индекс Тиффно значимо возрастали у 90% больных в группе АКШ без ИК (**табл. 6**).

**Таблица 6. Сравнение структурно-функциональных показателей миокарда через 7 нед аэробных КРТ у больных после АКШ**

**Table 6. Comparison of structural and functional parameters of the myocardium in 7 weeks of aerobic CRT in patients after CABG**

| Значения | Без ИК | С ИК | *p* |
|---|---|---|---|
| $VO_2$max, мл/кг/мин | 19,5 | 17 | 0,0873 |
| $VCO_2$, мл/мин | 1,6 | 1,8 | 0,09 |
| RER ($CO_2/O_2$) | 0,95 | 0,90 | 0,4 |
| $VE/VO_2=EQO_2$ | 24 | 23 | 0,511 |
| METs | 8 | 6 | 0,0781 |
| Жизненная емкость легких, л | 80 | 78 | 0,06 |
| Индекс Тиффно, % | 74 | 71 | 0,08 |
| САД, мм рт. ст. | 140 | 150 | 0,0523 |
| ДАД, мм рт. ст. | 100 | 108 | 0,0785 |
| ЧСС, уд/мин | 98 | 105 | 0,078 |
| ФВ ЛЖ, % | 59 | 57 | 0,0845 |
| ИМТ | 32 | 34 | 0,06 |

## Выводы

Аэробные ВИИФТ могут быть рекомендованы в комплексной КР взрослых больных кардиохирургического профиля со средним и высоким реабилитационным потенциалом наряду с аэробными ПТСИ. Разработанный протокол перехода от аэробных физических тренировок умеренной интенсивности длительностью 15 мин в течение 2 дней к аэробным ВИИФТ длительностью 25–30 мин 3 раза в неделю в течение 4–7 нед послеоперационного периода может быть рекомендован для применения в клинической практике.

Аэробные ВИИФТ так же безопасны в рамках программы КР у больных после операций на открытом сердце, как и аэробные ПТСИ. Они приводили к достоверно более положительным результатам в короткие сроки после операций на открытом сердце, чем постоянные аэробные тренировки умеренной интенсивности.

В нашем исследовании, так же как и в ранее выполненных клинических исследованиях [19], у больных после АКШ достоверно улучшались показатели эргоспирометрического теста и некоторые ЭхоКГ-параметры после 3-недельного и 7-недельного цикла аэробных КРТ, при этом в большей степени в группе ВИИФТ, чем в группе ПТСИ. Это были показатели $VO_2$max, ЧСС, мощности нагрузки, КДО и ФВ ЛЖ. Также достоверно снижались МТ и ИМТ пациентов к концу 7-недельного цикла КРТ, в большей степени в группе ВИИФТ. В целом малопримечательна разница в динамике восстановления пациентов на фоне аэробных КРТ в группах АКШ с ИК и без него. Незначимое, но более медленное восстановление происходило в группе АКШ с ИК, чем без ИК.

Интересна динамика лабораторных показателей: достоверно увеличивался уровень липопротеидов высокой плотности и достоверно снижался уровень триглицеридов в обеих группах, при этом коэффициент атерогенности не менялся. Эти результаты согласуются с данными других исследователей [20]. Полученные нами сведения подтверждают тот факт, что аэробные КРТ улучшают биогенез митохондрий, липидный профиль, кровяное давление и снижают абдоминальное ожирение – показатели, важные для пациентов с ИБС.

## Обсуждение

В настоящее время аэробные ВИИФТ предложены как альтернатива аэробным ПТСИ в национальных рекомендациях во Франции, Голландии, Бельгии, странах Южной Америки и Канаде. Все еще нет консенсуса относительно интенсивности, длительности, интервальности тренировочных курсов и оптимального соотношения периодов тренировки с периодами отдыха [21].

Проведены два крупных метаанализа с целью оценки безопасности и эффективности ВИИФТ у больных кардиохирургиче-

ского профиля. В метаанализе A. Hannan и соавт. [22] критериям включения отвечало 17 рандомизированных исследований (953 пациента), а в метаанализе G. Dibben и соавт. [23] – 40 рандомизированных исследований (6480 пациентов). Итогом обоих метаанализов были следующие выводы:

- ВИИФТ так же безопасны, как ПТСИ;
- высокоинтенсивные физические тренировки приводили к достоверно более положительным результатам, чем тренировки средней интенсивности, в улучшении аэробной способности, оцениваемой по показателю $VO_2$max;
- программы ВИИФТ продолжительностью 7–12 нед привели к наиболее достоверному улучшению кардиореспираторной пригодности, чем программы, составлявшие менее 7 нед и программы, составлявшие более 12 нед;
- достоверно больше неблагоприятных событий было в результате ПТСИ, чем в результате ВИИФТ.

Установлено, что у тренированных людей вне зависимости от их профиля факторов риска смертность от сердечно-сосудистых событий в течение 30-летнего периода на 50% ниже, чем у нетренированных или малотренированных, т.е. физически не активных людей [24]. Похожим образом, у мужчин с субклинической ИБС (кальциевым индексом по Агатстону ≥100) с кардиореспираторной подготовленностью ≥10 METs относительный риск (ОР) развития сердечно-сосудистых событий соответственно возрасту составлял 0,26 (95% доверительный интервал – ДИ 0,15–0,45) по сравнению с мужчинами той же возрастной группы с кардиореспираторной подготовленностью <10 METs. Недавно показано, что по сравнению с показателями физически менее активных мужчин риск сердечно-сосудистых событий прогрессивно уменьшался с ростом уровня кардиореспираторной подготовленности, особенно среди индивидуумов с высокими и очень высокими показателями кальциевого индекса по Агатстону [25].

Все известные и накопленные к настоящему времени данные свидетельствуют о причинно-следственной связи между высоким уровнем кардиореспираторной подготовленности и сниженной смертностью от сердечно-сосудистых причин. Все это свидетельствует о том, что нетренированность и малая физическая активность служат независимыми факторами риска развития ИБС.

Появление все возрастающей доказательной базы о кардиопротективных эффектах ВИИФТ у индивидуумов с кардиальной патологией и без нее привело к тому, что все больше людей среднего и пожилого возраста стали участвовать в марафонских забегах и гонках по триатлону. Таким образом, в связи с возрастающей положительной ролью ВИИФТ были пересмотрены предыдущие рекомендации Американской ассоциации кардиологов по рискам осложнений при физических тренировках [26]. Тем не менее пролонгированные тренировки увеличивают концентрацию биомаркеров сердца и постнагрузочную транзиторную дисфункцию миокарда; у профессиональных тренированных спортсменов старше 35 лет чаще отмечаются позднее накопление гадолиния в миокарде, свидетельствующее о фиброзе, повышенный кальциевый индекс; у них бóльшая вероятность развития фибрилляции предсердий.

Хотя в некоторых популяционных исследованиях абсолютная интенсивность тренировок ≥6 METs расценивалась как высокая, это не означает, что потребность миокарда в ответ на физическую нагрузку оценивается только заданными метаболическими эквивалентами (METs). Она оценивается индивидуально для каждого пациента в соответствии с его функциональными возможностями, т.е. ФК (ФК ХСН). Соответственно, низкий уровень METs может представлять значительную нагрузку и стресс для сердечно-сосудистой системы нетренированных индивидуумов среднего или пожилого возраста, с заболеванием или без заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Одним из вопросов, поставленных в нашем исследовании, являлся вопрос о том, не приводят ли ВИИФТ к повышенному риску развития неблагоприятных событий, в том числе острых коронарных событий. Данных о безопасности ВИИФТ в клинических популяциях очень мало [27]. В систематическом обзоре I. Levinger и соавт. сообщается о частоте неблагоприятных событий 8% при использовании ВИИФТ у пациентов с кардиометаболическим синдромом [28]. Эти неблагоприятные события включали вазовагальную реакцию, тошноту, желудочковую бигеминию, предсердную тахикардию, транзиторную ишемическую атаку и ишемию миокарда. В другом исследовании Ø. Rognmo и соавт. сравнивали частоту неблагоприятных сердечно-сосудистых событий у 4846 больных с ИБС, участвовавших в программе КР с использованием ВИИФТ и ПТСИ [29]. Абсолютный риск был низким для ВИИФТ (1 случай на 23 182 пациенто-часов) и ПТСИ (1 случай на 129 456 пациенто-часов), но в 5,6 раза выше в группе ВИИФТ. С учетом этих сведений необходимо проведение большего количества исследований с оценкой безопасности, заболеваемости и летальности в отдаленном периоде после ВИИФТ, что позволило бы точно определить возможность их проведения у пациентов с ИБС, особенно на неконтролируемом, амбулаторном этапе КР [30].

В некоторых исследованиях изучали влияние физических тренировок высокой интенсивности или физических тренировок с высоким объемом нагрузки на общую смертность и сердечно-сосудистую смертность у кардиальных больных за пределами формальных программ КР. P. Williams и соавт. [31] сообщили о постепенном уменьшении риска сердечно-сосудистой смертности (-15% на каждый METs-час/день) у выживших после инфаркта миокарда (n=2377) во время бега или ходьбы с уровнем нагрузки до 7,2 METs-час/день. У бегающих пациентов с уровнем нагрузки ≥7,2 METs-час/день риск летальности был таким же, как у неактивных пациентов (ОР 0,88, 95% ДИ 0,45–1,58). S. Keteyian и соавт. [32] наблюдали наибольшее уменьшение риска крупных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (-37%) у пациентов с сердечной недостаточностью (n=959), тренирующихся с уровнем нагрузки от 3 до 5 METs-час/неделю, но не обнаруживали такой тенденции у тренирующихся с уровнем нагрузок ≥7 METs-час/неделю.

S. Wannamethee и соавт. [33] сообщили о снижении риска летальности у пациентов с ИБС (n=772), выполняющих легкие (ОР 0,42, 95% ДИ 0,25–0,72) или умеренные физические тренировки (ОР 0,47, 95% ДИ 0,24–0,92), но выявили незначительное снижение риска кардиоваскулярных событий у пациентов, выполняющих высокоинтенсивные тренировки (ОР 0,63, 95% ДИ 0,39–1,03).

U. Mons и соавт. [34] показали, что у пациентов с ИБС (n=1038), выполнявших высокоинтенсивные физические тренировки 2–4 раза в неделю, отмечалась самая низкая летальность (7,6 на 1000 человек в год) по сравнению с повышенными показателями риска летальности у пациентов, не выполняющих никаких физических тренировок (ОР 3,8, 95% ДИ 2,17–6,70) или выполнявших тренировки умеренной интенсивности 7 раз в неделю (ОР 1,77, 95% ДИ 0,90–3,47).

R. Stewart и соавт. [35] продемонстрировали постепенное уменьшение риска летальности от всех причин с увеличением объема физических тренировок среди довольно большой популяции больных с ИБС (n=15 486). Наиболее значительное уменьшение риска летальности отмечалось у пациентов, выполнявших

высокоинтенсивные физические тренировки вне зависимости от объема тренировок.

Похожим образом, T. Moholdt и соавт. [36] показали наименьший риск летальности у самых физически активных (≥4 сессий в неделю) пациентов с ИБС (n=3504; ОР 0,77, 95% ДИ 0,66–0,89). Таким образом, большинство исследований продемонстрировало наибольший риск летальности среди неактивных пациентов. *Рекомендуемые 150 мин физических тренировок в неделю* достоверно уменьшают смертность от всех причин, факторы риска хронических заболеваний, улучшают состояние сердечно-сосудистой системы и качество жизни [37]. Программы КР, основанные на физических тренировках, значительно снижают риск фатальных и нефатальных повторных инфарктов миокарда путем улучшения функции миокарда/кровоснабжения и факторов риска сердечно-сосудистой системы по сравнению с программами КР без включения компонента физических тренировок. На основании сказанного следует сделать заключение о важности регулярных физических тренировок у больных с ССЗ, предпочтительно под контролем врачей в специализированных центрах или в домашних условиях [38].

## Заключение

В вышеупомянутом метаанализе 40 рандомизированных исследований [23], где критериям включения отвечали 6480 пациентов, показано, что у пациентов с ИБС при ВИИФТ значительно улучшались $VO_2$ при анаэробном пороге, сократительная функция ЛЖ, диастолический диаметр ЛЖ, диастолический объем, утолщение задней стенки, ФВ, кардиореспираторная пригодность и эндотелиальная функция – в большей степени, чем при ПТСИ. Ведущие КР-сообщества Северной Америки и Европы для улучшения качества жизни рекомендуют пациентам переходить от умеренных физических тренировок к более интенсивным интервальным. Также достоверно известно, что чем более пролонгированными являются тренировки, тем лучше показатели выживаемости больных. По данным рандомизированного контролируемого исследования, 10 лет кардиотренировок у больных с ХСН сопровождались значительным превосходством выживаемости без сердечно-сосудистых событий по сравнению с выживаемостью нетренированных пациентов [39].

***Раскрытие информации.*** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

***Disclosure.*** The authors declare that they have no competing interests.

***Вклад авторов.*** Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

***Authors' contribution.*** The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

***Источник финансирования.*** Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

***Funding source.*** The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

## Информация об авторах / Information about the authors

✉**Какучая Теа Тамазовна** – д-р мед. наук, проф., зав. отд-нием кардиохирургического лечения и реабилитации взрослых больных с сердечной патологией ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева». E-mail: ttkakuchaya@mail.ru; ORCID: 0000-0001-9383-2073

**Джитава Тамара Георгиевна** – канд. мед. наук, врач-кардиолог ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева». ORCID: 0000-0002-6141-2231

**Пачуашвили Нона Важаевна** – канд. мед. наук, врач-кардиолог ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева». ORCID: 0000-0002-0076-775X

**Куулар Аржана Макаровна** – канд. мед. наук, врач-кардиолог ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева». ORCID: 0000-0002-2133-9674

**Домрачева Ирина Ивановна** – мл. науч. сотр., врач-кардиолог ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева». ORCID: 0000-0002-7774-8311

**Закарая Нино Элдариевна** – науч. сотр., врач-кардиолог ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева». ORCID: 0000-0002-7604-5278

✉**Tea T. Kakuchaya** – D. Sci. (Med.), Prof., Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery. E-mail: ttkakuchaya@mail.ru; ORCID: 0000-0001-9383-2073

**Tamara G. Dzhitava** – Cand. Sci. (Med.), Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery. ORCID: 0000-0002-6141-2231

**Nona V. Pachuashvili** – Cand. Sci. (Med.), Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery. ORCID: 0000-0002-0076-775X

**Arzhana M. Kuular** – Cand. Sci. (Med.), Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery. ORCID: 0000-0002-2133-9674

**Irina I. Domracheva** – Res. Assist., Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery. ORCID: 0000-0002-7774-8311

**Nino E. Zakaraya** – Res. Officer, Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery. ORCID: 0000-0002-7604-5278

## Литература/References

1. Barcroft H, Dornhorst AC. Blood flow through human calf during rhythmic exercise. *J Physiol*. 1949;109(3-4):402-11. DOI:10.1113/jphysiol.1949.sp004403
2. Guyton AC, Jones CE, Coleman TB. Circulatory Physiology: Cardiac Output and ITS Regulation. Philadelphia: WB Saunders Co, 1973.
3. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail*. 2016;18:891-975. DOI:10.1002/ejhf.592
4. Nilsson BB, Westheim A, Risberg MA. Long-term effects of a group-based high-intensity aerobic interval-training program in patients with chronic heart failure. *Am J Cardiol*. 2008;102(9):1220-4. DOI:10.1016/j.amjcard.2008.06.046
5. Piña IL, Apstein CS, Balady GJ, et al. Exercise and heart failure: a statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention. *Circulation*. 2003;107(8):1210-25. DOI:10.1161/01.cir.0000055013.92097.40
6. O'Connor CM, Whellan DJ, Lee KM, et al. Efficacy and Safety of Exercise Training in Patients With Chronic Heart Failure: HF-ACTION Randomized Controlled Trial. *JAMA*. 2009;301(14):1439-50. DOI:10.1001/jama.2009.454

7. Benito B, Nattel S. Exercise training as a treatment for heart failure: Potential mechanisms and clinical implications. *J Physiol.* 2009;587(Pt. 21):5011-3. DOI:10.1113/jphysiol.2009.181339
8. Niebauer J. Is There a Role for Cardiac Rehabilitation After Coronary Artery Bypass Grafting? Treatment After Coronary Artery Bypass Surgery Remains Incomplete Without Rehabilitation. *Circulation.* 2016;133:2529-37. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.116.021348
9. Современные аспекты кардиореабилитации. Под ред. ТТ. Какучая. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева, 2015 [Sovremennye aspekty kardioreabilitatsii. Ed. TT Kakuchaia. Moscow: NTsSSKh im. A.N. Bakuleva, 2015 (in Russian)].
10. Кардиореабилитация и вторичная профилактика. Под ред. Д.М. Аронова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021 [Kardioreabilitatsiia i vtorichnaia profilaktika. Ed. DM Aronov. Moscow: GEOTAR-Media, 2021 (in Russian)].
11. Guiraud T, Nigam A, Gremeaux V, et al. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports Med.* 2012;42(7):587-605. DOI:10.2165/11631910-000000000-00000
12. Juneau M, Hayami D, Gayda M, et al. Provocative issues in heart disease prevention. *Can J Cardiol.* 2014;30(Suppl. 12):S401-9. DOI:10.1016/j.cjca.2014.09.014
13. Wewege MA, Ahn D, Yu J, et al. High-Intensity Interval Training for Patients With Cardiovascular Disease – Is It Safe? A Systematic Review. *J Am Heart Assoc.* 2018;7:e009305. DOI:10.1161/JAHA.118.009305
14. Moholdt TT, Amundsen BH, Rustad LA, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise after coronary artery bypass surgery: a randomized study of cardiovascular effects and quality of life. *Am Heart J.* 2009;158(6):1031-7. DOI:10.1016/j.ahj.2009.10.003
15. Keteyian SJ, Hibner BA, Bronsteen K, et al. Greater improvement in cardiorespiratory fitness using higher-intensity interval training in the standard cardiac rehabilitation setting. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2014;34(2):98-105. DOI:10.1097/HCR.0000000000000049
16. Pattyn N, Coeckelberghs E, Buys R, et al. Aerobic interval training vs. moderate continuous training in coronary artery disease patients: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2014;44(5):687-700. DOI:10.1007/s40279-014-0158-x
17. Pescatello L, Arena R, Riebe D, Thompson P. General Principles of Exercise Prescription. In: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2013; p. 166-77.
18. Бокерия Л.А., Аронов Д.М., и др. Российские клинические рекомендации. Коронарное шунтирование больных ишемической болезнью сердца: реабилитация и вторичная профилактика. *CardioСоматика.* 2016;7(3-4):5-71 [Bokeriya LA, Aronov DM, et al. Russian clinical guidelines. Coronary artery bypass grafting in patients with ischemic heart disease: rehabilitation and secondary prevention. *Cardiosomatics.* 2016;7(3-4):5-71 (in Russian)]. DOI:10.26442/CS45210
19. Пачуашвили Н.В. Эффективность современных аэробных интервальных физических тренировок в реабилитации взрослых больных после операций на открытом сердце. Дис. … канд. мед. наук. М., 2019 [Pachuashvili NV. Effektivnost' sovremennykh aerobnykh interval'nykh fizicheskikh trenirovok v reabilitatsii vzroslykh bol'nykh posle operatsii na otkrytom serdtse. Dis. … kand. med. nauk. Moscow, 2019 (in Russian)].
20. Conraads VM, Pattyn N, De Maeyer C, et al. Aerobic interval training and continuous training equally improve aerobic exercise capacity in patients with coronary artery disease: The SAINTEX-CAD study. *Int J Cardiol.* 2015;179:203-10. DOI:10.1016/j.ijcard.2014.10.155
21. Price KJ, Gordon BA, Bird SR, Benson AC. A review of guidelines for cardiac rehabilitation exercise programmes: is there an international consensus? *Eur J Prev Cardiol.* 2016;23(16):1715-33. DOI:10.1177/2047487316657669
22. Hannan AL, Hing W, Simas V, et al. High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Open Access J Sports Med.* 2018;9:1-17. DOI:10.2147/OAJSM.S150596
23. Dibben GO, Dalal HM, Taylor RS, et al. Cardiac rehabilitation and physical activity: systematic review and meta-analysis. *Heart.* 2018;104(17):1394-402. DOI:10.1136/heartjnl-2017-312832
24. Wickramasinghe CD, Ayers CR, Das S, et al. Prediction of 30-year risk for cardiovascular mortality by fitness and risk factor levels: the Cooper Center Longitudinal Study. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes.* 2014;7:597-602. DOI:10.1161/CIRCOUTCOMES.113.000531
25. Radford NB, DeFina LF, Leonard D, et al. Cardiorespiratory fitness, coronary artery calcium, and cardiovascular disease events in a cohort of generally healthy middle-age men: results from the Cooper Center Longitudinal Study. *Circulation.* 2018;137:1888-95. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.117.032708
26. Thompson PD, Franklin BA, Balady GJ, et al.; American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; American Heart Association Council on Clinical Cardiology; American College of Sports Medicine. Exercise and acute cardiovascular events placing the risks into perspective: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology. *Circulation.* 2007;115:2358-68. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.181485
27. Cobb LA, Weaver WD. Exercise: a risk for sudden death in patients with coronary heart disease. *J Am Coll Cardiol.* 1986;7:215-9. DOI:10.1016/s0735-1097(86)80284-4
28. Levinger I, Shaw CS, Stepto NK, et al. What doesn't kill you makes you fitter: a systematic review of high-intensity interval exercise for patients with cardiovascular and metabolic diseases. *Clin Med Insights Cardiol.* 2015;9:53-63. DOI:10.4137/CMC.S26230
29. Rognmo Ø, Moholdt T, Bakken H, et al. Cardiovascular risk of high-versus moderate-intensity aerobic exercise in coronary heart disease patients. *Circulation.* 2012;126:1436-40. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.112.123117
30. Quindry JC, Franklin BA, Chapman M, et al. Benefits and risks of high-intensity interval training in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 2019;123:1370-7. DOI:10.1016/j.amjcard.2019.01.008
31. Williams PT, Thompson PD. Increased cardiovascular disease mortality associated with excessive exercise in heart attack survivors. *Mayo Clin Proc.* 2014;89:1187-94. DOI:10.1016/j.mayocp.2014.05.006
32. Keteyian SJ, Leifer ES, Houston-Miller N, et al.; HFACTION Investigators. Relation between volume of exercise and clinical outcomes in patients with heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(19):1899-905. DOI:10.1016/j.jacc.2012.08.958
33. Wannamethee SG, Shaper AG. Physical activity and cardiovascular disease. *Semin Vasc Med.* 2002;2(3):257-66. DOI:10.1055/s-2002-35400
34. Mons U, Hahmann H, Brenner H. A reverse J-shaped association of leisure time physical activity with prognosis in patients with stable coronary heart disease: evidence from a large cohort with repeated measurements. *Heart.* 2014;100(13):1043-9. DOI:10.1136/heartjnl-2013-305242
35. Stewart RAH, Held C, Hadziosmanovic N, et al.; STABILITY Investigators. Physical activity and mortality in patients with stable coronary heart disease. *J Am Coll Cardiol.* 2017;70(14):1689-700. DOI:10.1016/j.jacc.2017.08.017
36. Moholdt T, Wisløff U, Nilsen TIL, Slørdahl SA. Physical activity and mortality in men and women with coronary heart disease: a prospective population-based cohort study in Norway (the HUNT study). *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2008;15:639-45. DOI:10.1097/HJR.0b013e3283101671
37. Chief Medical Officers. Start active, stay active. A report on physical activity for health from four home countries, 2011. Available at: https://www.gov.uk/goverment/uploads/system/uploads/attachment_data/file/830943/withdrawn_dh_128210.pdf. Accessed: 22.07.2021.
38. Thomas RJ, Beatty AL, Beckie TM, et al. Home-based cardiac rehabilitation: a scientific statement from the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, the American Heart Association, and the American College of Cardiology. *Circulation.* 2019;140:e69-e89. DOI:10.1161/CIR.0000000000000663
39. Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G, Purcaro A. 10-year exercise training in chronic heart failure: a randomized controlled trial. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(16):1521-8. DOI:10.1016/j.jacc.2012.06.036


**Статья поступила в редакцию / The article received: 22.07.2021**

**Статья принята к печати / The article approved for publication: 24.12.2021**

**Статья опубликована / Article published: 30.12.2021**

OMNIDOCTOR.RU