

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ФИЗИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ОЖИРЕНИЕМ



© Т.А. Лелявина\*, М.М. Галагудза, А.Ю. Бабенко, Д.Л. Сонин, Н.О. Маркина, К.А. Штейн, Е.В. Шляхто

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

**Цель исследования.** Оценить эффективность и безопасность физических тренировок различной интенсивности у пациентов с ожирением.

**Материал и методы.** Одноцентровое открытое рандомизированное исследование 37 пациентов с ожирением. Больных распределили в три группы: группа 1 — 15 больных 5–7 дней в неделю по 60 мин выполняли тренировочную ходьбу со скоростью, достигнутой на уровне 25–30%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , группа 2 — 15 больных 5–7 дней в неделю по 40 мин выполняли тренировочную ходьбу со скоростью, достигнутой на уровне 60%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , группа 3 — 7 больных 3 раза в неделю по 30 мин выполняли тренировочную ходьбу со скоростью, достигнутой на уровне 75–80%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . Выполнен анализ динамики ИМТ, ОТ, ТФН (на основании оценки поглощения кислорода на пике ФН ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ )).

**Результаты исследования.** В группу 3 преждевременно прекратили включение пациентов ввиду плохой переносимости высокоинтенсивных интервальных тренировок, поэтому в группу 3 всего включили 7 больных. После 6 месяцев тренировок наиболее выраженное уменьшение ИМТ и ОТ, а также больший рост ТФН, скорости ходьбы на уровне лактатного порога и периода преимущественного поглощения жиров в ходе физической тренировки зарегистрировано в группе 1, пациенты которой тренировались с интенсивностью 25–30% от  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . По результатам анализа дневников наблюдений выявили большую частоту нежелательных явлений в группе больных, выполняющих тренировки умеренной и высокой интенсивности.

**Заключение.** 1. ФТ с интенсивностью 75–80%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  хуже переносятся больными с ожирением и менее эффективны по сравнению с ФТ интенсивностью 25–30% и 60% от  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . 2. Аэробные тренировки с интенсивностью 25–30%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  наиболее безопасны и эффективны в отношении толерантности к физической нагрузке и снижения массы тела у пациентов с ожирением.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ожирение; физическая реабилитация; лактатный порог; физические тренировки различной интенсивности.

## EFFECTIVENESS AND SAFETY OF VARYING INTENSITY PHYSICAL TRAINING IN OBESE PATIENTS

© Tatiana A. Lelyavina, Michale M. Galagudza, Alina Y. Babenko, Dmitri L. Sonin, Nataly O. Markina, Kseniya A. Stein, Eugeny V. Shlyakhto

Federal State Budgetary Institution «V.A. Almazov National Medical Research Center» of the Ministry of Health of the Russian Federation

**AIM.** To evaluate the effectiveness and safety of physical training of varying intensity in obese patients.

**METHODS.** A single-center open-label randomized trial of 37 obese patients. The patients were divided into three groups: group 1 — 15 patients 5–7 days a week for 60 minutes performed training walking at a speed reached at the level of 25–30%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , group 2 — 15 patients 5–7 days a week for 40 minutes performed training walking at a speed reached at the level of 60%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , group 3 — 7 Patients were trained to walk 3 times a week for 30 minutes at a speed reached at the level of 75–80%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . The dynamics of BMI, OT, and TFN were analyzed (based on the assessment of oxygen uptake at the peak of PH ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ )).

**RESULTS.** The inclusion of patients in group 3 was prematurely discontinued due to poor tolerance of high-intensity interval training, therefore, a total of 7 patients were included in group 3. After 6 months of training, the most pronounced decrease in BMI and OT, as well as a greater increase in TFN, walking speed at the lactate threshold and the period of predominant fat absorption during physical training were recorded in group 1, whose patients trained at an intensity of 25–30% of  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . According to the results of the analysis of the observation diaries, a high frequency of adverse events was revealed in the group of patients performing moderate and high intensity training.

**CONCLUSIONS.** 1. FT with an intensity of 75–80%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  not well tolerated by obese patients and is less effective compared to FT with an intensity of 25–30% and 60% of  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . 2. Aerobic workouts with an intensity of 25–30%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  are the safest and most effective in obese patients.

**KEYWORDS:** obesity; physical rehabilitation; lactate threshold; physical training of varying intensity.

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.



**СПИСОК АББРЕВИАТУР:**

- ИМТ — индекс массы тела  
 КРТ — кардиореспираторный тест  
 ЛП — лактатный порог  
 НЯ — нежелательные явления  
 ССС — сердечно-сосудистая система  
 ТФН — толерантность к физическим нагрузкам  
 ФА — физическая активность  
 ФН — физическая нагрузка  
 ФР — физическая реабилитация  
 ФТ — физические тренировки  
 ЧСС — частота сердечных сокращений  
 RER, respiratory exchange ratio — дыхательное обменное отношение

**ОБОСНОВАНИЕ**

Распространенность ожирения растет с каждым годом, и, согласно данным Всемирной организации здравоохранения, ожидается ее дальнейшее увеличение [1–3].

Гиподинамия связана с повышенным риском развития ожирения, сахарного диабета 2 типа (СД2) и заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССЗ), это диктует необходимость своевременного назначения безопасных и эффективных ФТ [1, 2]. Переедание в сочетании с низкой ФА приводит к избыточному накоплению висцеральной жировой ткани и развитию метаболических осложнений и заболеваний ССЗ [2–6].

Для лечения и профилактики ожирения наиболее целесообразно применять аэробные ФН [7–12]. Тренировки с отягощениями не способствуют уменьшению массы тела, но могут увеличить безжировую массу тела [13]. Клинические рекомендации по диагностике и лечению ожирения 2020 г. [4] предписывают назначать больным ожирением ходьбу, бег, бег трусцой, езду на велосипеде, плавание, аэробику, танцы, также сказано, что «самым простым и доступным видом физической нагрузки является ходьба — не менее 8000 в сутки» [10–12]. Ходьба практически не имеет противопоказаний, не требует дорогостоящего оборудования, специально обустроенных площадок для занятий, ее можно выполнять в городских условиях и на природе [7, 9–13]. Тем не менее в клинических рекомендациях [4] не указано, с какой интенсивностью и продолжительностью необходимо выполнять те или иные ФН.

Сохранение и активация в организме бурой/бежевой жировой ткани является фактором улучшения метаболического здоровья посредством увеличения расхода энергии и выработки биологически активных веществ — батокинов. Аэробная физическая активность является одним из индукторов браунинга [13]. При физической активности повышается продукция ряда батокинов, одним из которых является лактат. Между тем степень его повышения зависит от типа, интенсивности и продолжительности физических нагрузок.

В настоящий момент остается неясным, с какой интенсивностью необходимо тренировать пациентов с ожирением. Вместе с тем именно интенсивность и продолжительность тренировок является ключевым фактором в обеспечении безопасности и эффективности ФР. В связи с этим является актуальным определить оптимальную

интенсивность физических тренировок для больных ожирением, чтобы установить наиболее безопасный и эффективный режим ФА.

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Оценить эффективность и безопасность физических тренировок различной интенсивности у пациентов с ожирением.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ****Дизайн исследования**

Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией. Одноцентровое открытые рандомизированное исследование больных ожирением. Все пациенты соответствовали критериям включения и подписали информированное согласие.

Расчет требуемого объема выборки для мощности 80% и двустороннего уровня значимости 0,05 при сравнении трех групп производили по таблице по величине  $d/SD$ , где  $d$  — предварительная оценка величины эффекта (наименьшая разность в средних, которая клинически значима),  $SD$  — принятное стандартное отклонение наблюдений, одинаковое в каждой из 3 групп. Расчет требуемого объема выборки выполнили на основании предполагаемых изменений  $VO_{2\text{peak}}$ , ожидаемых на фоне физической реабилитации больных ожирением. Подставив эти данные в таблицу (1,88), получили реальный суммарный объем выборки с учетом выбывания для 3 групп исследования — 45 больных.

Пациентов распределяли методом конвертов 1:1 в три группы: группа 1 — 15 больных 5–7 дней в неделю по 60 мин выполняли тренировочную ходьбу со скоростью, достигнутой на уровне 25–30% от  $VO_{2\text{peak}}$ , группа 2 — 15 больных 5–7 дней в неделю по 40 мин выполняли тренировочную ходьбу со скоростью, достигнутой на уровне 60% от  $VO_{2\text{peak}}$ , группа 3 — 7 больных 3 раза в неделю по 30 мин выполняли тренировочную ходьбу со скоростью, достигнутой на уровне 75–80%  $VO_{2\text{peak}}$ .

**Критерии включения**

- Информированное согласие на участие в исследовании.
- Информированное согласие на проведение биопсии подкожной жировой ткани.
- Мужчины и женщины старше 18 лет.
- $\text{ИМТ} > 30 \text{ кг}/\text{м}^2$ , ожирение алиментарного генеза.
- Отсутствие артериальной гипертензии (АГ) или стабильное ее течение (на момент включения в исследование  $\text{АД} < 140/90 \text{ мм рт.ст.}$ ) без изменения антигипертензивной терапии за последние 6 месяцев.
- Готовность к выполнению рекомендаций по питанию, физической активности.
- Способность выполнить кардиореспираторный тест (КРТ).

**Критерии исключения**

- Наличие вторичных причин ожирения.
- Существенная патология ССЗ: АГ с нецелевыми уровнями АД, наличие в анамнезе инфаркта миокарда (ИМ), острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), стенокардии, хронической сердечной недостаточности (ХСН) выше I ФК, аритмий высокого риска.

3. Наличие сахарного диабета.
  4. Хроническая патология почек со скоростью клубочковой фильтрации (СКФ)<60 мл/мин.
  5. Печеночная недостаточность, более чем 3-кратное повышение печеночных трансаминаз (АЛТ, АСТ).
  6. Получаемая по любому поводу на момент начала исследования терапия иммуносупрессорами, иммуномодуляторами, биологическими препаратами; другими вспомогательными препаратами.
  7. Принимаемая на постоянной основе терапия, потенциально влияющая на функцию жировой ткани, в частности на браунинг жировой ткани: бета-адреноблокаторы, статины, метформин и другие сахароснижающие препараты.
  8. Указания на злоупотребление алкоголем.
  9. Хирургическое лечение ожирения в анамнезе.
  10. Наличие заболеваний, сопровождающихся неконтролируемой дисфункцией щитовидной железы.
- Ход исследования представлен в таблице 1.
- Показатели КРТ наряду с клиническими данными оценивали исходно и через 6 месяцев.

Первичные конечные точки исследования — динамика ИМТ, ОТ.

Вторичные конечные точки исследования — динамика толерантности к физической нагрузке (ТФН) (по  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ), динамика скорости ходьбы при достижении лактатного порога (ЛП) (25–30% от  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ), динамика продолжительности фазы дыхательного обменного отношения (RER) = 0,70–0,75.

Критерии ответа на физические тренировки (ФТ): снижение ИМТ≥3%, повышение  $\text{VO}_{2\text{peak}} \geq 10\%$  от исходного уровня.

#### Нагрузочный тест

КРТ (аппаратура «Oxycon Pro» — Jeger, Германия) выполняли на беговой дорожке GE Medical Systems Information Technologies по оригинальному, унифицированному для определения лактатного порога рамп-протоколу, состоящему из 49 ступеней длительностью 15 секунд каждая. В режиме анализа дыхательного цикла «breath by breath» с автоматическим усреднением данных за 15 секунд оценивали: объем минутной вентиляции ( $V_{\text{E}}$ ), дыхательный резерв (BR), вентиляторный эквивалент по углекислому газу

( $V_{\text{E}}/\text{VCO}_2$ ), объем поглощенного кислорода ( $\text{VO}_2$ ), дыхательное обменное отношение (respiratory exchange ratio, RER) [14].

#### Расчет режима тренировочной ходьбы

В группе 1 — 15 больных 5–7 дней в неделю по 60 мин выполняли тренировочную ходьбу со скоростью, достигнутой на уровне 25–30%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , в группе 2 — 15 больных 5–7 дней в неделю по 40 мин выполняли тренировочную ходьбу со скоростью, достигнутой на уровне 60% от  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , в группе 3 — 7 больных 3 раза в неделю по 30 мин выполняли тренировочную ходьбу со скоростью, достигнутой на уровне 75–80%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . Первые 2 недели пациенты тренировались под наблюдением специалиста по физической реабилитации на тренажере. Затем больные выполняли тренировочную ходьбу в амбулаторных условиях.

ИМТ рассчитывали по формуле: ИМТ=м/h<sup>2</sup>, где м — масса тела в килограммах, h — рост в метрах; ИМТ измеряли в кг/m<sup>2</sup>.

ОТ измеряли в сантиметрах в самой широкой части живота на уровне пупка.

#### Статистическая обработка данных

Обработку полученных данных проводили с помощью прикладных программ Microsoft Excel, Statistica for Windows 10.0, различия считали значимыми при уровне значимости p<0,05. Категориальные показатели описывались частотами и процентами, для анализа применялись критерий ХИ-квадрат или точный критерий Фишера (в случае малого числа наблюдений). Для количественных данных выполняли проверку нормальности с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Количественные переменные, распределение которых не отличается от нормального, описаны через среднее значение и стандартную ошибку среднего. Количественные данные, распределение которых отличается от нормального, описаны при помощи медианы, 25 и 75 квартилей. Для данных, распределение которых отличается от нормального, использовали критерий Манна-Уитни. Для исследования взаимосвязи количественных параметров вычисляли коэффициент корреляции Спирмена, оценивающий меру линейной связи между признаками.

Таблица 1. Ход исследования

Процедура	Номер визита		Визит 1	Визит 2	Визит 3	Визит 4
Подписание информированного согласия		+				
Сбор анамнеза: пол, возраст, длительность ожирения, сопутствующие заболевания, наследственность по ожирению, исключение вторичных причин ожирения		+	+			
Антрапометрия: рост, масса тела, ИМТ, ОТ		+	+			+
Оценка дневников наблюдения, приверженности к изменению образа жизни, динамики веса, нежелательных явлений					+	+
Кардиореспираторное тестирование		+	+			+

Примечания: ИМТ — индекс массы тела, КРТ — кардиореспираторный тест, ОТ — окружность талии.

Таблица 2. Исходные характеристики больных ожирением

Показатель	Группа	Все пациенты	Группа 1	Группа 2	Группа 3
Число пациентов, n, %		37 (100)	15 (40)	15 (40)	7 (20)
Женщины, n (%)		35 (95)	15 (100)	14 (93)	6 (85)
Возраст, лет, Me [LQ; UQ]		25 [21; 30]	27 [22; 31]	24 [21; 30]	26 [22; 31]
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> , Me [LQ; UQ]		33 [32; 36]	33 [31; 36]	32 [30; 36]	33 [31; 38]
ОТ, см, Me [LQ; UQ]		88 [81; 90]	84 [80; 88]	88 [82; 91]	87 [82; 90]

Примечания: ИМТ — индекс массы тела, ОТ — окружность талии, Me — медиана, LQ — нижний quartиль, UQ — верхний quartиль.

### Результаты исследования

Объем выборки составил 37 больных ожирением, из них женщин 92% (34 человека); средний возраст — 25 [21; 30] лет. В группу 3 пациентов, тренировавшихся с высокой интенсивностью, набор был преждевременно прекращен ввиду плохой переносимости данного вида ФН. В результате в группу 3 вошли 7 больных ожирением. В группы 1 и 2 включили по 15 человек. Все 37 пациентов завершили исследование.

Характеристика пациентов представлена в таблице 2.

### Результаты ФР

Исходно пациенты в исследуемых группах не отличались по ИМТ, возрасту и соотношению полов, через 6 месяцев тренировок наиболее выраженное уменьшение ИМТ зарегистрировано в группе 1, пациенты которой тренировались с интенсивностью 25–30% от  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  (рис. 1).

На рисунке 2 представлена динамика окружности талии у пациентов трех исследуемых групп в зависимости от режима физической активности: в группе 1 ОТ уменьшился, в среднем, на 2,5%, в группе 2 и 3 — на 1,7% (рис. 2).

Наиболее выраженное повышение ТФН продемонстрировали пациенты группы 1, повысив  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  в среднем, на 22% после 6 месяцев ФТ (рис. 3). В групп-

пе 2  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  увеличился, в среднем, на 15%, у пациентов группы 3 динамику  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  не зарегистрировали (рис. 3).

Увеличение скорости ходьбы на уровне лактатного порога, или 25–30% от  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  после 6 месяцев ФТ зарегистрировали только у пациентов групп 1 и 2: на 41 и 39%, соответственно (рис. 4). В группе 3, пациенты которой выполняли высокоинтенсивные интервальные тренировки, скорость ходьбы при достижении ЛП снизилась в среднем на 28% (рис. 4).

Особого внимания заслуживает динамика фазы RER=0,7–0,75, отражающей период преимущественного поглощения жиров в процессе выполнения ФН (рис. 5). У больных ожирением группы 1 и 2 продолжительность фазы RER на уровне 0,7–0,75 увеличилась в среднем с 0,4 мин до 2 мин и до 1,1 мин соответственно (рис. 5). В группе 3 подобной динамики не зарегистрировали (рис. 5).

В таблице 3 представлены результаты оценки переносимости тренировок различной интенсивности больными ожирением.

По результатам анализа дневников наблюдений выявили большую частоту нежелательных явлений в группе больных, выполняющих тренировки умеренной и высокой интенсивности, по сравнению с группой 1 — низкоинтенсивные ФН (табл. 3).

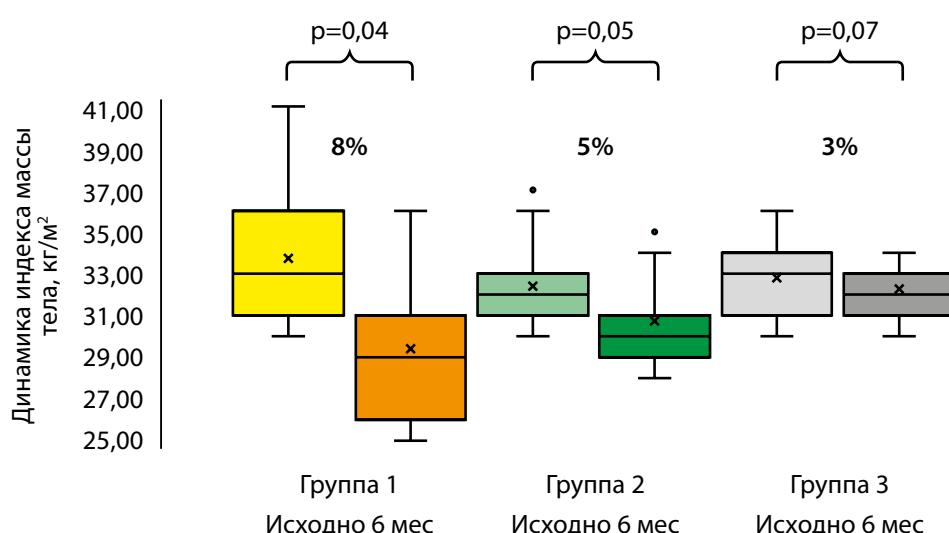
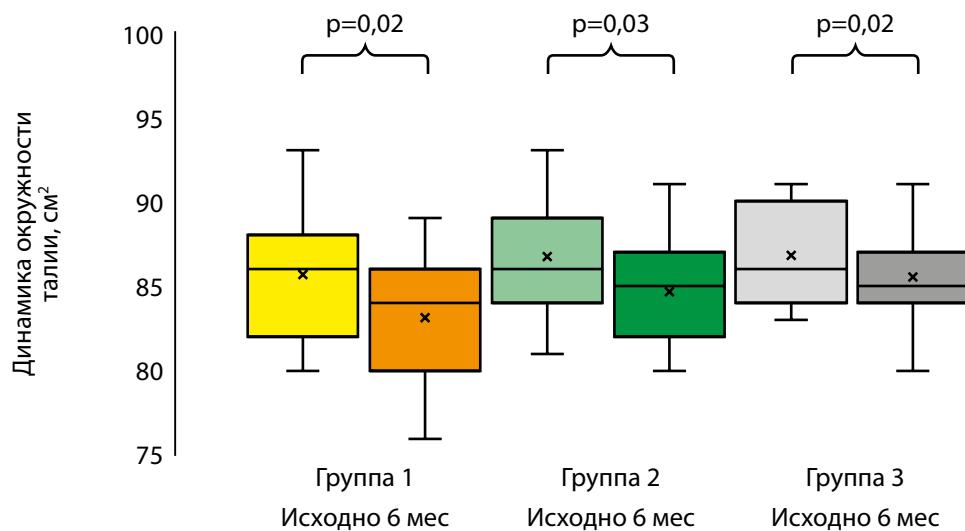
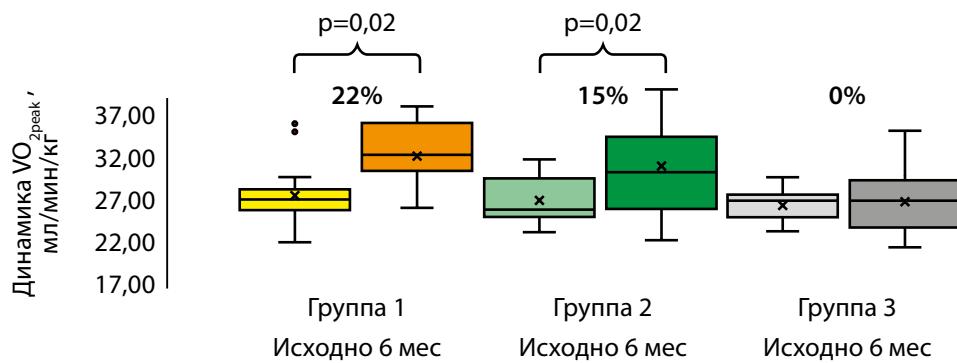


Рисунок 1. Динамика индекса массы тела у пациентов с ожирением на фоне тренировок различной интенсивности.



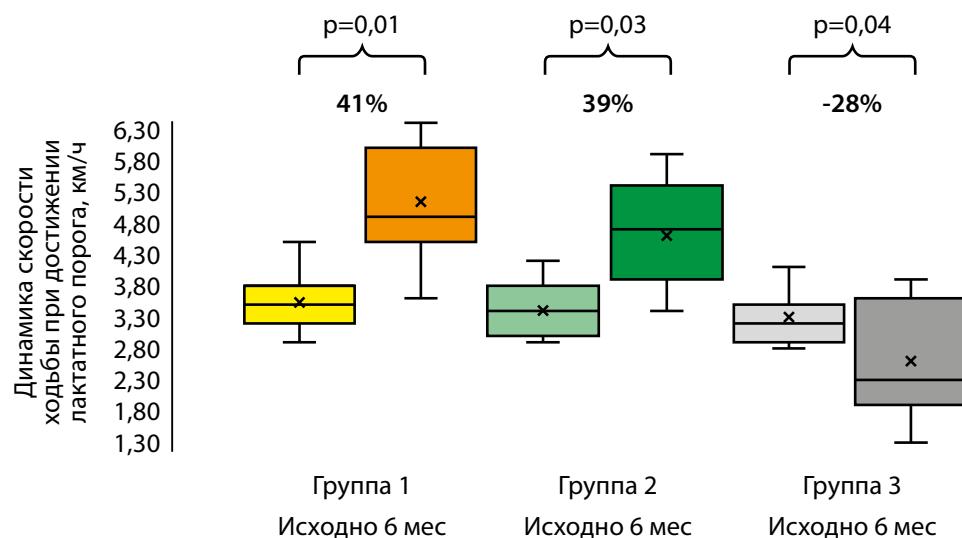
**Рисунок 2.** Динамика окружности талии у пациентов с ожирением на фоне тренировок различной интенсивности.

Примечание: ОТ — окружность талии.



**Рисунок 3.** Динамика толерантности к физической нагрузке у пациентов с ожирением на фоне тренировок различной интенсивности.

Примечание: VO<sub>2peak</sub> — объем кислорода, поглощенного на пике физической нагрузки.



**Рисунок 4.** Динамика скорости ходьбы в момент достижения лактатного порога у пациентов с ожирением на фоне тренировок различной интенсивности.

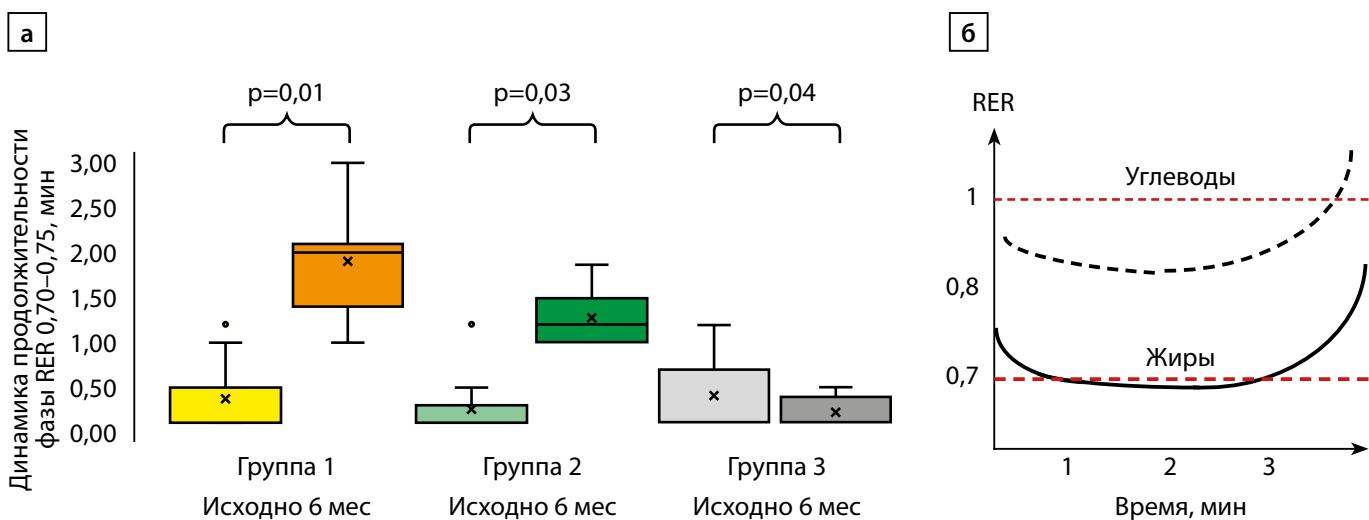


Таблица 3. Переносимость тренировок различной интенсивности

<b>НЯ в период выполнения физических тренировок</b>	<b>Группа / приверженность</b>		
	<b>Группа 1 n=15 / 91%</b>	<b>Группа 2 n=15 / 77%</b>	<b>Группа 3 n=7 / 76%</b>
Усталость, n (%)	3 (20)	10 (66)	7 (100)
Общая слабость, n (%)	5 (33)	8 (60)	5 (71)
Головокружение, n (%)	1 (7)	3 (20)	1 (14)
Мышечная боль, n (%)	0 (0)	7 (55)	7 (100)

Примечания: НЯ — нежелательные явления.

Таблица 4. Тренировочные режимы в зависимости от интенсивности физической нагрузки

<b>Интенсивность тренировки</b>	<b>Шкала Борга</b>	<b>% от пиковой ЧСС</b>	<b>% от VO<sub>2</sub> пик</b>
Очень легкая	<10	<35	<25
Легкая	10–11	35–54	25–44
Средней интенсивности	12–13	55–69	45–59
Тяжелая	14–16	70–89	60–84
Очень тяжелая	17–19	≥90	85
Максимальная	20	100	100

## ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем исследовании сравнили три подхода к подбору интенсивности нагрузки для пациентов с ожирением. Показана большая безопасность и эффективность низкоинтенсивных ФН (25–30% от  $VO_{2\text{peak}}$ ) в отношении ИМТ, ОТ, ТФН, скорости ходьбы на уровне ЛП и продолжительности периода преимущественного расщепления жиров в процессе выполнения тренировки, по сравнению с ФА умеренной и высокой интенсивности.

Существует несколько тренировочных режимов в зависимости от интенсивности ФН (табл. 4) [15].

Адекватность физических тренировок обусловлена двумя основными принципами: безопасностью и эффективностью [16]. С целью соблюдения данных важнейших принципов следует персонализировано подбирать интенсивность, продолжительность и частоту выполнения упражнений каждому больному.

Существует несколько методов подбора интенсивности ФН. Интенсивность физической нагрузки можно определить разными методами. При назначении режима физических тренировок каждому больному необходимо персонализированно рассчитать таким образом, чтобы назначенная физическая реабилитация отвечала двум основным требованиям — безопасность и эффективность [16].

Интенсивность тренировок можно рассчитать на основании определения нескольких показателей:

- 1) доли ЧСС, зарегистрированной на пике физической нагрузки, при этом интенсивность ФТ устанавливают соответственно 60–85% ЧСС<sub>пик</sub>;
- 2) резерва ЧСС, интенсивность ФН соответствует 50%–80% ЧСС<sub>резерв</sub>;
- 3) 50–90% VO<sub>2peak</sub>, для VO<sub>2peak</sub> рассматривается достаточно широкий диапазон значений;
- 4) данные классификации по субъективной шкале оценки усилий, затраченных на выполнение ФН, к примеру, шкала Борга и модифицированная шкала Борга [17].

Существует способ расчета интенсивности аэробных тренировок при помощи определения лактатного порога в ходе кардиореспираторного тестирования [17–20]. Данный метод является оптимальным для больных с ожирением, т.к. при ФН интенсивностью на уровне лактатного порога энергообразование происходит преимущественно на фоне расщепления жиров (рис. 6), что также продемонстрировали результаты настоящего исследования (рис. 5).

Выполнение низкоинтенсивных ФН в течение 6 месяцев привело к увеличению продолжительности периода преимущественного расщепления жиров в процессе ФТ в 5 раз (рис. 5). Данный факт свидетельствует, что с помощью тренировок с интенсивностью 25–30% от VO<sub>2peak</sub> возможно увеличение периодов дневной физической активности, в процессе которых пациент с ожирением использует преимущественно жиры, что, вероятно, способствует уменьшению ИМТ и ОТ. В настоящем исследовании рацион больных ожирением не исследовался. Вывод относительно преимущественного расщепления жиров в процессе физической нагрузки был сделан на основании анализа динамики дыхательного обменного отношения (RER) (рис. 5, 6). После 6 мес низкоинтенсивных аэробных тренировок у пациентов с ожирением зарегистрировано значительное удлинение фазы RER на уровне 0,7–0,75, что отражает преимущественное расщепление жиров в ходе физической нагрузки непрерывно нарастающей мощности (рис. 5).

Возможно, по этой причине в настоящем исследовании показана большая эффективность низкоинтенсивных ФН в отношении уменьшения ИМТ и ОТ (рис. 1, 2).

ФТ с интенсивностью 60% и 80% от VO<sub>2peak</sub> были менее эффективны в отношении ИМТ, ОТ, ТФН, скорости ходьбы на уровне ЛП и продолжительности периода преимущественного расщепления жиров в процессе выполнения тренировки (рис. 1–5), поскольку физическая нагрузка с интенсивностью выше лактатного порога у любого индивидуума способствует развитию метаболического ацидоза изначально в мышечной ткани, а затем и в крови, что приводит к прекращению тренировки, т.к. водород является основным медиатором утомления и боли мышц. Возможно, по этой причине продемонстрирована худшая переносимость физических тренировок в группах 2 и 3, пациенты которых выполняли ФН умеренной и высокой интенсивности (табл. 3).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. ФТ с интенсивностью 75–80% и 60% от VO<sub>2peak</sub> хуже переносятся больными с ожирением и менее эффективны по сравнению с ФТ интенсивностью 25–30% VO<sub>2peak</sub>.
2. Аэробные тренировки с интенсивностью 25–30% VO<sub>2peak</sub> наиболее безопасны и эффективны в отношении толерантности к физической нагрузке и снижения массы тела у пациентов с ожирением.

Применение методики расчета режима ФТ на основании определения ЛП в клинической практике позволило персонифицированно рассчитать режим физических тренировок. Использование персонифицированного подхода в расчете режима ФТ обеспечивает предупреждение развития мышечного утомления и возможность назначения более длительных физических тренировок. Это может способствовать интенсификации процессов аэробного окисления в мышечном волокне, эффективному снижению ИМТ, ОТ, увеличению ТФН, скорости ходьбы при достижении лактатного порога, увеличению продолжительности периода преимущественного расщепления жиров в процессе выполнения ФН.

### Физическая нагрузка

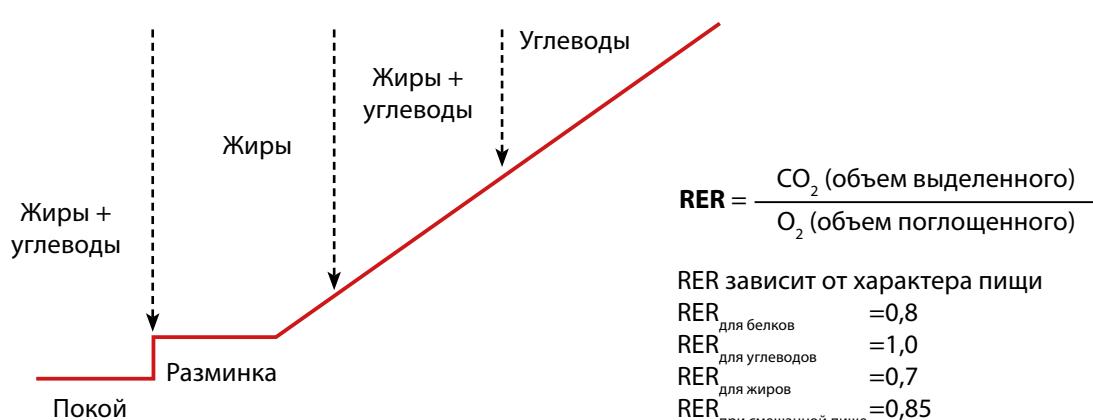


Рисунок 6. Вещества, используемые для получения энергии, при выполнении физической нагрузки постепенно нарастающей мощности.

Примечание: RER — дыхательное обменное отношение.

В настоящем исследовании приняли участие не большое количество больных ожирением (37 человек), преимущественно женщины (34 человека), молодого возраста и с медицинским образованием. Необходимы дальнейшие исследования с участием большего количества больных разного возраста и социального статуса.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Информация о финансировании.** Исследование выполнено за счет средств гранта РНФ (Соглашение №25-75-30010 от 22.05.2025)

The grant of the Science Foundation of the Russian Federation (Agreement №25-75-30010 dated 22 may 2025)

**Информация о конфликте интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

**Участие авторов.** Лелявина Т.А. — концептуализация, разработка идеи и методов исследования, выполнение кардиореспираторного нагрузочного тестирования, интерпретация результатов, написание статьи; Галагудза М.М. — существенный вклад в анализ данных и интерпретацию результатов, внесение в рукопись существенной правки; Бабенко А.Ю. — получение данных, внесение в рукопись существенной правки; Сонин Д.Л. — получение данных, написание статьи; Маркина Н.О. — получение данных, написание статьи; Штейн К.А. — получение данных, написание статьи; Шляхто Е.В. — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, внесение в рукопись существенной правки.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Gaskin CJ, Cooper K, Stephens LD, Peeters A, Salmon J, Porter J. Clinical practice guidelines for the management of overweight and obesity published internationally: A scoping review. *Obes Rev.* 2024;25(5):e13700. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.13700>
- Nutrition and Metabolic Management Branch of China International Exchange and Promotive Association for Medical and Health Care, Clinical Nutrition Branch of Chinese Nutrition Society, Chinese Diabetes Society, Chinese Society for Parenteral and Enteral Nutrition, Chinese Clinical Nutritionist Center of Chinese Medical Doctor Association. Guidelines for medical nutrition treatment of overweight/obesity in China (2021). *Asia Pac J Clin Nutr.* 2022;31(3):450-482. doi: [https://doi.org/10.6133/apjcn.202209\\_31\(3\).0013](https://doi.org/10.6133/apjcn.202209_31(3).0013)
- Дедов И.И., Шестакова М.В., Мельниченко Г.А., и др. Междисциплинарные клинические рекомендации «Лечение ожирения и коморбидных заболеваний» // Ожирение и метаболизм. — 2021. — Т. 18. — №1. — С. 5-99. [Dedov II, Shestakova MV, Melnichenko GA, et al. Interdisciplinary clinical practice guidelines «Management of obesity and its comorbidities». *Obesity and metabolism.* 2021;18(1):5-99. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14341/omet12714>
- Российская ассоциация эндокринологов, Общество бariatрических хирургов Ожирение, Клинические рекомендации 2020
- Малютина С.К., Серова Н.В., Никитин Ю.П., Насонова Н.В. Мониторирование сердечно-сосудистой заболеваемости, смертности и их факторов риска в разных регионах мира (проект ВОЗ MONICA). — Новосибирск: Академическое издательство «Гео»; 2016. — С. 275-292. [Mal'yutina SK, Serova NV, Nikitin YuP, Nasonova NV. Monitorirovaniye serdechno-sosudistoi zabolevaemosti, smertnosti i ikh faktorov riska v raznykh regionakh mira (projekt VOZ MONICA). Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo «Geo»; 2016. P. 275-292. (In Russ.)]
- Kahan S, Manson JE. Obesity Treatment, Beyond the Guidelines: Practical Suggestions for Clinical Practice. *JAMA.* 2019;321(14):1349-1350. doi: <https://doi.org/10.1001/jama.2019.2352>
- Ng M, Fleming T, Robinson M, et al. Summary of Revisions: Standards of Medical Care in Diabetes — 2022. *Diabetes Care.* 2022;45(S1):S4-S7. doi: <https://doi.org/10.2337/dc22-Srev7>
- Oppert JM, Ciangura C, Bellicha A. Physical activity and exercise for weight loss and maintenance in people living with obesity. *Rev Endocr Metab Disord.* 2023;24(5):937-949. doi: <https://doi.org/10.1007/s11154-023-09805-5>
- van Baak MA, Pramono A, Battista F, Beaulieu K, Blundell JE, et al. Effect of different types of regular exercise on physical fitness in adults with overweight or obesity: Systematic review and meta-analyses. *Obes Rev.* 2021;22 Suppl 4(Suppl 4):e13239. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.13239>
- Oppert JM, Bellicha A, van Baak MA, Battista F, Beaulieu K, et al. Exercise training in the management of overweight and obesity in adults: Synthesis of the evidence and recommendations from the European Association for the Study of Obesity Physical Activity Working Group. *Obes Rev.* 2021;22 Suppl 4(Suppl 4):e13273. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.13273>
- Berge J, Hjelmeseth J, Hertel JK, Gjevestad E, Småstuen MC, et al. Effect of Aerobic Exercise Intensity on Energy Expenditure and Weight Loss in Severe Obesity-A Randomized Controlled Trial. *Obesity (Silver Spring).* 2021;29(2):359-369. doi: <https://doi.org/10.1002/oby.23078>
- Bellicha A, van Baak MA, Battista F, Beaulieu K, Blundell JE, et al. Effect of exercise training on weight loss, body composition changes, and weight maintenance in adults with overweight or obesity: An overview of 12 systematic reviews and 149 studies. *Obes Rev.* 2021;22 Suppl 4(Suppl 4):e13256. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.13256>
- Pengyu Fu, Rongxin Zhu, Jie Jia, et al. Aerobic exercise promotes the functions of brown adipose tissue in obese mice via a mechanism involving COX2 in the VEGF signaling pathway. *Nutrition & Metabolism.* 2021;(18): 56
- Mezzani A. Cardiopulmonary Exercise Testing: Basics of Methodology and Measurements. *Ann Am Thorac Soc.* 2017;14:S3-S11. doi: <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201612-997>
- Арутюнов Г.П., Колесникова Е.А., Беграмбекова Ю.Л., Орлова Я.А., Рылова А.К., Аронов Д.М. и др. Рекомендации по назначению физических тренировок пациентам с хронической сердечной недостаточностью. // Журнал Сердечная Недостаточность. — 2017. — Т.18. — №1. — С.41–66. [Arutyunov GP, Kolesnikova EA, Begrambekova YL, Orlova YA, Rylova AK, Aronov DM, et al. Recommendations for the appointment of physical training in patients with chronic heart failure. *Russ J Cardiol.* 2017;18(1):41–66. (In Russ.)]
- Шальнова С.А., Драпкина О.М. Значение исследования ЭССЕ-РФ для развития профилактики в России // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2020. — Т. 19. — №3. — С. 209-215. [Shalnova SA, Drapkina OM. Contribution of the ESSE-RF study to preventive healthcare in Russia. *Cardiovascular therapy and prevention.* 2020;19(3):209-215. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2020-2602>
- Персонализированная физическая реабилитация больных хронической сердечной недостаточностью — патофизиологическое обоснование и оценка эффективности Лелявина Т.А. — Дисс-я на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2022
- Lelyavina T, Sitnikova M, Beresina A, et al. New Approaches to Marking Stages of Incremental Physical Work by Example of Cardiopulmonary Exercise Testing. *Journal of US-China Medical Science.* 2014;11:9-13
- Poole D, Rossiter H, Brooks G. The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. *Int J Mol Sci.* 2021;599(3):737-767. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms20215514>
- Lelyavina TA, Galenko VL, Ivanova OA, et al. Clinical Response to Personalized Exercise Therapy in Heart Failure Patients with Reduced Ejection Fraction Accompanied by Skeletal Muscle Histological Alterations. *Int J Mol Sci.* 2019;20(21):5514. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms20215514>

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]:**

\***Лелявина Татьяна Александровна**, д.м.н. [**Tatiana A. Lelyavina**, MD, PhD]; адрес: Россия, 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2 [address: 2 Akkuratova street, 197341 St-Petersburg, Russia]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6796-4064>; Researcher ID: ABH-3082-2020; Scopus Author ID: 56700273900; eLibrary SPIN: 5663-1936; e-mail: tatianalelyavina@mail.ru

**Галагудза Михаил Михайлович**, д.м.н., чл.-корр. РАН [Michael M. Galagudza, MD, PhD, Corresponding member of Academy of Science]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5129-9944>; Researcher ID: C-8479-2011; Scopus Author ID: 6507925726; eLibrary SPIN: 2485-4176; e-mail: galagudza@almazovcentre.ru

**Бабенко Алина Юрьевна**, д.м.н., доцент [Alina U. Babenko, MD, PhD, Professor]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0559-697X>; Researcher ID (WoS): Q-6714-2016D-3729-2014; Scopus Author ID: 33767446300; eLibrary SPIN: 9388-1077; e-mail: alina\_babenko@mail.ru

**Сонин Дмитрий Леонидович**, к.м.н. [Dmitriy L. Sonin, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1705-7217>; Researcher ID: A-1948-2014; Scopus Author ID: 10641700000; eLibrary SPIN: 1710-8616; e-mail: sonin\_dl@almazovcentre.ru

**Штейн Ксения Александровна** [Kseniya A. Shtein, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9699-1210>; Researcher ID: OUI-0235-2025; Scopus Author ID: 60096497100; eLibrary SPIN: 2982-8274; e-mail: ksshteyn@mail.ru

**Маркина Наталья Олеговна** [Natalya O. Markina, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2338-0125>; Researcher ID: OGO-1630-2025; Scopus ID: 59238816000; e-mail: nataegor25@gmail.com

**Шляхто Евгений Владимирович**, д.м.н., академик РАМН [Eugeniy V. Shlyakhto, MD, PhD, Academician]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2929-0980>; Researcher ID: A-6939-2014; Scopus Author ID: 16317213100; eLibrary SPIN: 136786; e-mail: shlyakhto@almazovcentre.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

**ЦИТИРОВАТЬ:**

Лелявина Т.А., Галагудза М.М., Бабенко А.Ю., Сонин Д.Л., Маркина Н.О., Штейн К.А., Шляхто Е.В. Эффективность и безопасность физических тренировок различной интенсивности у пациентов с ожирением // Ожирение и метаболизм. — 2025. — Т. 22. — №3. — С. 196-204. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13156>

**TO CITE THIS ARTICLE:**

Lelyavina TA, Galagudza MM, Babenko AY, Sonin DL, Markina NO, Stein KA, Shlyakhto EV. Effectiveness and safety of varying intensity physical training in obese patients. *Obesity and metabolism*. 2025;22(3):196-204. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13156>