

УДК 796.035

DOI 10.5930/1994-4683-2025-215-222

Динамика аппендикулярной массы мышц после силовых тренировок с ограничением кровотока у лиц с метаболическим синдромом

Сверчков Вадим Владимирович

Быков Евгений Витальевич, доктор медицинских наук, профессор

Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск

Аннотация

Цель исследования – оценить влияние силовых тренировок с ограничением кровотока на показатели аппендикулярной массы скелетных мышц у лиц с метаболическим синдромом.

Методы исследования: анализ и обобщение научной литературы, рандомизированное контролируемое исследование на основании рекомендаций CONSORT и в соответствии с чек-листом TIDieR, оценка антропометрии, биохимический анализ крови, биоимпедансометрия, методы статистической обработки.

Результаты исследования и выводы. Установлено, что низкоинтенсивные тренировки с отягощениями в сочетании с ограничением кровотока, а также высокоинтенсивные силовые тренировки способствуют увеличению аппендикулярной массы скелетных мышц у мужчин с метаболическим синдромом.

Ключевые слова: оздоровительный спорт, тренировки с ограничением кровотока, тренировки с отягощениями, метаболический синдром, аппендикулярная масса мышц.

The dynamics of appendicular muscle mass after strength training with blood flow restriction in individuals with metabolic syndrome

Sverchkov Vadim Vladimirovich

Bykov Evgeniy Vitalievich, doctor of medical sciences, professor

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk

Abstract

The purpose of the study is to assess the impact of blood flow restriction strength training on the indicators of appendicular skeletal muscle mass in individuals with metabolic syndrome.

Research methods: analysis and synthesis of scientific literature, randomized controlled trial based on CONSORT guidelines and in accordance with the TIDieR checklist, assessment of anthropometry, biochemical blood analysis, bioimpedance measurement, methods of statistical processing.

Research results and conclusions. It has been established that low-intensity resistance training combined with blood flow restriction, as well as high-intensity strength training, contributes to an increase in appendicular skeletal muscle mass in men with metabolic syndrome.

Keywords: health sport, blood flow restriction training, resistance training, metabolic syndrome, appendicular muscle mass.

ВВЕДЕНИЕ. Метаболический синдром (МС), также называемый «синдромом инсулинорезистентности» или «синдромом X», представляет собой кластерное расстройство, включающее повышение обхвата талии (ОТ), повышение уровня общего холестерина, холестерина липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), увеличение триглицеридов (ТГ), снижение холестерина липопротеидов высокой плотности (ЛПВП) и нарушение толерантности к глюкозе [1]. Наличие МС не только повышает риск развития сахарного диабета 2 типа (СД2) и сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) [2], но и увеличивает риск смертности от всех причин. В проспективном когортном исследовании W. Li et al. [3] с участием 36 414 взрослых наличие критериев МС значительно повышало риск смертности от всех причин (относительный риск (ОР): 1,24, 95% доверительный интервал (ДИ): 1,16–1,33), смертности от ССЗ (ОР: 1,44, 95% ДИ: 1,25–1,66) и смертности от СД2 (ОР: 5,15, 95% ДИ 3,15–8,43).

Скелетные мышцы являются одним из главных резервуаров для хранения глюкозы и ТГ, а также играют важную роль в метаболизме липидов и белков, и в

опосредованной инсулином утилизации глюкозы. Аппендикулярная масса мышц (АММ) является надежным показателем общей массы скелетных мышц тела. В последнее время в научной литературе подчеркивалась важность АММ для метаболического здоровья. Совокупные клинические данные подтверждают связь между возрастной потерей мышечной массы и функции, называемой саркопенией, и резистентностью к инсулину, митохондриальной дисфункцией и системным воспалением. Так, J. Neo et al. [4] установили, что мышечная масса бедра была обратно пропорциональна резистентности к инсулину. У мужчин, находившихся в нижних терцилях площади мышц бедра, скорректированной к массе тела, наблюдались более высокие индексы ожирения, артериального давления, ТГ и значения резистентности к инсулину (НОМА-IR). Наличие повышенной резистентности к инсулину было значительно выше в нижнем терциле площади мышц бедра, скорректированной к массе тела (OR: 1,63; 95% ДИ: 1,10–2,45) по сравнению с верхним терцилем. В поперечном исследовании J. Park et al. [5] с участием 372 399 корейских мужчин и женщин в возрасте $38,92 \pm 8,54$ года, после разделения участников на квартили индекса скелетных мышц (Q1 – самый низкий показатель, Q4 – самый высокий показатель), было установлено, что отношение шансов развития СД2 в Q2, Q3 и Q4 по сравнению с Q1 составили 0,95 (ДИ: 0,85–1,05), 0,88 (ДИ: 0,78–0,99) и 0,79 (ДИ: 0,69–0,90), соответственно. Коэффициенты бета НОМА-IR в Q2, Q3 и Q4 по сравнению с Q1 составили 0,05 (ДИ: 0,03–0,07), -0,06 (ДИ: -0,09~ -0,04) и -0,19 (ДИ: -0,22~ -0,16), соответственно. Коэффициенты бета гликированного гемоглобина (HbA1C) в Q2, Q3 и Q4 по сравнению с Q1 составили 0,02 (ДИ: 0,01–0,03), -0,001 (ДИ: -0,01~ -0,01) и -0,02 (ДИ: -0,03~ -0,01), соответственно. Также недавно было установлено, что низкий уровень АММ, а также соотношение нижней АММ (нАММ) к верхней АММ (вАММ) можно рассматривать как важные факторы риска МС как у мужчин, так и у женщин [6]. К тому же в нашем недавнем обзоре исследований с Менделевской рандомизацией был сделан вывод о том, что низкая мышечная масса была причинно-следственно связана с риском возникновения не только резистентности к инсулину и СД2, но и с другими хроническими заболеваниями и смертностью от всех причин [7]. Таким образом, поддержание или увеличение АММ должно приводить к снижению риска возникновения МС, а также уменьшать тяжесть проявления метаболических нарушений при наличии компонентов МС.

Тренировки с отягощениями являются надежным средством увеличения мышечной массы как у здоровых лиц, так и у лиц с различными хроническими заболеваниями. На основании систематического обзора и метаанализа Z. Fu, включившего 47 исследований с общей выборкой 4889 участников, тренировки в значительной степени способны увеличивать мышечную массу (скелетную мышечную массу и мышечную массу без жира) у лиц с саркопенией [8]. Особое значение тренировки с отягощениями приобретают для лиц с метаболическими заболеваниями. Так, в систематическом обзоре и метаанализе S. Al-Mhanna et al. [9] с участием 1180 пациентов с СД2 тренировки с отягощениями снижали ОТ (стандартизированная средняя разница (SMD): -0,85; 95% ДИ: -1,66 – -0,04), соотношение талии и бедер (SMD: -0,72; 95% ДИ: -1,30 – -0,15), ЛПВП (SMD: 0,40; 95% ДИ: 0,07 – 0,72), ТГ (SMD: -0,54; 95% ДИ: -1,06 – -0,02), глюкозу крови натощак (SMD: -0,65; 95% ДИ:

-1,19 – -0,12), инсулин натощак (SMD - 0,74; 95% ДИ: -1,12 – -0,36) и HbA1C (SMD: -0,32; 95% ДИ -0,63 – -0,01).

Еще в одном систематическом обзоре и метаанализе P. Acosta-Manzano et al. [10] тренировки с отягощениями у лиц с СД2 приводили не только к увеличению мышечной массы и силы, но и снижали уровень глюкозы плазмы, процент жира, систолическое артериальное давление (САД), С-реактивный белок, улучшали липидный профиль и повышали кардиореспираторную подготовленность. Более того, недавнее рандомизированное контролируемое исследование (РКИ) с участием лиц с СД2 установило, что тренировки с отягощениями в сочетании с ограничением кровотока имели тенденцию к увеличению АММ, индекса скелетных мышц, силы хвата и скорости походки, а также снижению массы жира, индекса жировой массы и соотношения талии к росту [11]. Также после силовых тренировок с ограничением кровотока наблюдалось снижение общего холестерина, ТГ, ЛПНП, глюкозы плазмы натощак, HbA1C, САД, диастолического артериального давления (ДАД), а также повышение ЛПВП в плазме [11]. Таким образом, результаты метааналитических и РКИ исследований демонстрируют, что тренировки с отягощениями улучшают состав тела и гликолипидемические показатели у лиц с СД2. К сожалению, на данный момент недостаточно информации о влиянии тренировок с отягощениями, в том числе в сочетании с ограничением кровотока, на показатели АММ у лиц с МС. Предположительно, различные протоколы тренировок с отягощениями вызовут положительную динамику АММ у мужчин с МС. Также в данном исследовании решался вопрос о размере эффекта влияния различных режимов тренировок с отягощениями на показатели АММ.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ – оценить динамику аппендикулярной массы мышц после тренировок с отягощениями в сочетании с ограничением кровотока у мужчин с метаболическим синдромом.

МЕТОДИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. Исследование проведено в соответствии со стандартами отчетности для РКИ на основании рекомендаций CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials) и чек-листа TIDieR (Template for Intervention Description and Replication). В данном РКИ, проходившем на базе научно-исследовательского института Олимпийского спорта при Уральском государственном университете физической культуры, сети фитнес-клубов «Территория спорта» г. Челябинск и медицинской клиники «Источник» г. Челябинск в период с сентября 2020 г. по апрель 2022 г., приняли участие 66 мужчин в возрасте $35,12 \pm 9,97$ лет, имеющих МС в соответствии с комбинированным определением Международной диабетической федерации (IDF), Американской кардиологической ассоциации (АНА) и Национального института сердца, легких и крови (NHLBI) [1]. Для подтверждения наличия МС необходимо было установить минимум три из пяти ниже перечисленных критериев:

- 1) наличие центрального ожирения ($OT \geq 94$ см);
- 2) уровень ТГ крови ≥ 150 мг/дл или медикаментозное лечение повышенного уровня ТГ;
- 3) ЛПВП < 40 мг/дл;

4) САД ≥ 130 мм рт. ст. или ДАД ≥ 85 мм рт. ст., или медикаментозное лечение ранее диагностированной артериальной гипертензии;

5) уровень глюкозы плазмы крови ≥ 100 мг/дл или медикаментозное лечение повышенного уровня глюкозы, или ранее диагностированный СД2.

Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации, у всех участников было получено письменное информированное согласие. На проведение настоящего исследования получено одобрение этического комитета ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры», выписка из протокола № 5 от 24.09.2019.

Критерии включения в исследование: нетренированные мужчины, имеющие 3 и более критериев МС.

Критерии исключения: острые инфекционные или соматические заболевания, артериальная гипертензия (выше 140/90 мм рт. ст.), сахарный диабет 2 типа, тромбофлебит глубоких вен конечностей, заболевания опорно-двигательного аппарата и другие противопоказания к выполнению силовой нагрузки.

Рандомизация участников исследования. 66 участников исследования были рандомизированы. Каждому участнику исследования внешний наблюдатель вручал запечатанный конверт с порядковым номером внутри от 1 до 66. Для случайного распределения участников в группы использовалась компьютерная программа Research Randomizer [12].

Оценка состава тела и аппендикулярной массы мышц. До и после исследования проводили измерение состава тела при помощи биоимпедансного анализатора InBody 720 (Biospace Co., Ltd., Сеул, Корея) с по сегментной оценкой массы мышц. АММ рассчитывали как сумму мышечной массы четырех конечностей. Соответственно, вАММ рассчитывали как сумму мышечной массы верхних конечностей, а нАММ – как сумму мышечной массы нижних конечностей. Также рассчитывался индекс АММ относительно длины тела в квадратных метрах (иАММ) по формуле: $\text{иАММ} = \frac{\text{АММ (кг)}}{\text{рост (м}^2\text{)}}$ и АММ относительно индекса массы тела (иАММ/ИМТ) по формуле: $\text{иАММ/ИМТ} = \frac{\text{АММ (кг)}}{\text{ИМТ} \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^2}\right)}$. ИМТ рассчитывали как вес тела, деленный на длину тела в квадратных метрах.

Объем и интенсивность тренировочных протоколов. Первая группа (НИОК; n = 22) выполняла низкоинтенсивную тренировку с отягощениями с ограничением кровотока. Вес отягощения соответствовал 30-40 % от повторного максимума (ПМ). Испытуемые выполняли 4 подхода в каждом упражнении с количеством повторений 30-15-15-15 и паузами отдыха между подходами 30 сек, между упражнениями – 2 минуты.

Вторая группа (ВИ; n = 22) выполняла высокоинтенсивную тренировку. Вес отягощения составлял 70 % ПМ. В каждом упражнении испытуемые выполняли 4 подхода по 10 повторений с паузами отдыха между подходами и упражнениями в 2 минуты.

Третья группа (НИ; n = 22) выполняла такую же программу, как и первая группа (НИОК), только без ограничения кровотока.

Так как два человека в группе НИОК и один человек в группе ВИ в процессе проведения исследования выполнили менее 70% тренировочных нагрузок (посетили менее 16 тренировочных занятий), они были исключены из окончательного анализа. Двое мужчин были исключены из группы НИ, а также один мужчина исключен из группы ВИ для предотвращения погрешности. Таким образом, в окончательный статистический анализ вошли результаты исследования 60 мужчин. Испытуемые тренировались 2 раза в неделю на протяжении 12 недель, проводя в общей сложности 24 занятия. Перед началом занятий был оценен ИПМ, который корректировался каждые 4 недели.

Протокол проведения тренировочных занятий. Перед началом каждого тренировочного занятия проводилась разминка, которая включала в себя работу на кардиотренажере (беговая дорожка, эллиптический тренажер) в течение 5-7 минут до достижения пульсовой зоны 100-120 ударов в минуту. Перед выполнением каждого упражнения выполнялись 1-2 разминочных подхода. Протокол тренировок с отягощениями проводился по принципу Full Body (тренировки на все тело) и включал в себя следующие упражнения: жим ногами, разгибание голени в тренажере, сгибание голени в тренажере, жим от груди в тренажере, тяга вертикального блока, жим гантелей вверх сидя, разгибание предплечий в кроссовере, сгибание предплечий сидя с гантелями.

Схема ограничения кровотока. Для ограничения кровотока в мышцах верхних и нижних конечностей в группе НИОК использовалась эластичная лента. Эластичное ограничение соответствовало уменьшению на 25 % от объема окружности верхних конечностей и на 30 % от объема окружности нижних конечностей. Испытуемые затягивали эластичную ленту во время подхода и снимали во время паузы отдыха, чтобы уменьшить дискомфорт во время выполнения упражнений. В группах ВИ и НИ ограничение кровотока не применялось.

Статистическая обработка результатов. Полученные результаты обработаны с помощью статистического пакета Microsoft Excel. Проверку на нормальность распределения признаков проводили с использованием критерия Шапиро-Уилка. Для выявления значимых изменений между независимыми группами до и после исследования был использован однофакторный дисперсионный анализ. После выявления значимого влияния факторов применялся апостериорный анализ (post-hoc analysis) попарных сравнений с помощью критерия Тьюки. Определение статистической значимости различий зависимых выборок до и после исследования проводили с помощью t-критерия Стьюдента. Был рассчитан размер эффекта для оценки степени влияния различных протоколов тренировок с отягощениями на показатели АММ по формуле, предложенной G. Cumming, 2012 [13] (d_{av}) путем деления средней разницы между показателями до и после исследования на усредненное стандартное отклонение без контроля интеркорреляции. Значение $d = 0,20$ указывает на малый размер эффекта, $d = 0,50$ указывает на средний размер эффекта, а $d = 0,80$ указывает на большой размер эффекта. Значения переменных представлены в виде $M \pm SD$, где M – среднее арифметическое, SD – стандартное (среднее квадратичное) отклонение. Выбирался уровень статистической значимости 0,05 или 0,01. Результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Результаты исследования динамики АММ после различных протоколов тренировок с отягощениями у мужчин с МС представлены в таблице 1. До начала проведения исследования однофакторный дисперсионный анализ не выявил статистически значимых различий по показателям АММ между группами ($p > 0,05$).

Таблица 1 – Динамика показателей аппендикулярной массы мышц после протоколов тренировок с отягощениями у мужчин с метаболическим синдромом (M±SD)

Показатель		НИОК (n = 20)	ВИ (n = 20)	НИ (n = 20)	p
АММ, кг	до	27,98±2,17	27,12±2,45	28,21±2,75	0,904
	по-сле	30,06±2,03	30,24±2,21	28,78±2,61	0,083
p		0,007	0,003	0,362	
вАММ, кг	до	8,04±1,09	7,89±0,97	8,16±1,23	0,801
	по-сле	8,98±0,89	8,93±1,04	8,35±1,12	0,982* 0,031^
p		0,008	0,004	0,479	
нАММ, кг	до	19,95±1,72	19,42±1,89	20,12±1,81	0,912
	по-сле	21,26±1,53	21,34±1,62	20,52±1,79	0,168
p		0,012	0,003	0,357	
иАММ, ($\frac{кг}{м^2}$)	до	8,69±0,63	8,74±0,57	8,83±0,75	0,981
	по-сле	9,36±0,61	9,46±0,71	8,95±0,65	0,836* 0,020^
p		0,000	0,000	0,170	
АММ/ИМТ, ($\frac{кг}{м^2}$)	до	0,93±0,09	0,95±0,11	0,96±0,10	0,870
	по-сле	1,05±0,09	1,07±0,10	0,98±0,09	0,106
p		0,006	0,009	0,419	

Примечание: p – статистические различия между показателями до и после исследования (анализ различий проведен по t-критерию Стьюдента для зависимых выборок; однофакторный дисперсионный анализ для независимых выборок).

* - апостериорный анализ при помощи критерия Тьюки между группами НИОК и ВИ;

^ - апостериорный анализ при помощи критерия Тьюки между группами НИОК и НИ.

После исследования наблюдалось увеличение АММ для всех исследуемых групп: НИОК ($p = 0,007$; $d_{av} = 0,99$), ВИ ($p = 0,003$; $d_{av} = 1,33$) и НИ ($p = 0,362$; $d_{av} = 0,22$). Также наблюдалась положительная динамика вАММ для НИОК ($p = 0,008$; $d_{av} = 0,94$) и для ВИ ($p = 0,004$; $d_{av} = 1,03$), и нАММ для НИОК ($p = 0,012$; $d_{av} = 0,81$) и для ВИ ($p = 0,003$; $d_{av} = 1,09$). Что касается иАММ и АММ/ИМТ, то наблюдалось статистически значимое увеличение в группах НИОК (иАММ: $p = 0,000$, $d_{av} = 1,08$; АММ/ИМТ: $p = 0,006$, $d_{av} = 1,33$) и ВИ (иАММ: $p = 0,000$, $d_{av} = 1,12$; АММ/ИМТ: $p = 0,009$, $d_{av} = 1,14$). В группе НИ также наблюдалась динамика к увеличению показателей вАММ ($d_{av} = 0,16$), нАММ ($d_{av} = 0,23$), иАММ ($d_{av} = 0,17$) и АММ/ИМТ ($d_{av} = 0,21$), но она не достигла статистически значимых различий ($p > 0,05$). Апостериорный (post-hoc) анализ выявил статистически значимые различия после исследования между группами НИОК и НИ по показателям вАММ ($p = 0,031$) и иАММ ($p = 0,020$), а также между группами ВИ и НИ по показателям вАММ ($p = 0,046$) и иАММ ($p = 0,004$). Апостериорный анализ не выявил статистически значимых различий по всем показателям между группами НИОК и ВИ ($p > 0,05$).

Ограничения исследования. Небольшой размер выборки не позволяет сделать более надежные выводы. Отсутствие возможности «ослепления» участников исследования. Дизайн исследования не включал контроль рациона питания, уровня двигательной активности, употребления алкоголя и режима сна, которые могли повлиять на окончательный результат. В исследовании приняли участие только мужчины с наличием критериев МС в возрасте $35,12 \pm 9,97$ лет, поэтому наши результаты могут быть неприменимы к женщинам, лицам другой возрастной группы и лицам с другими клиническими проявлениями.

ВЫВОДЫ. В текущем рандомизированном контролируемом исследовании было установлено, что тренировки с отягощениями в сочетании с ограничением кровотока, а также высокоинтенсивные силовые тренировки повышают показатели аппендикулярной массы скелетных мышц у мужчин с метаболическим синдромом и могут применяться в профилактике и комплексной реабилитации лиц с метаболически нездоровым статусом, в особенности у контингента, предрасположенного к саркопении. Учитывая результаты предыдущих исследований на лицах с сахарным диабетом 2-го типа, можно предположить, что увеличение аппендикулярной массы мышц улучшит гликолипидемические показатели лиц с метаболическим синдромом и снизит тяжесть проявления данного патологического состояния.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention / Alberti K. G., Eckel R. H., Grundy S. M. [et al.] // *Circulation*. 2009. Oct 20. № 120 (16). P. 1640–1645.
2. Long-Term Metabolic Fate and Mortality in Obesity Without Metabolic Syndrome / Käräjämäki A., Korkiakoski A., Hukkanen J. [et al.] // *Ann. Med.* 2022. Vol. 54, № 1. P. 1432–1443.
3. Association Between Metabolic Syndrome and Mortality: Prospective Cohort Study / Li W., Chen D., Peng Y. [et al.] // *JMIR Public Health Surveill.* 2023. Sep 5. № 9. P. 49–62.
4. Association between the Thigh Muscle and Insulin Resistance According to Body Mass Index in Middle-Aged Korean Adults / Heo J. E., Shim J. S., Lee H. [et al.] // *Diabetes Metab J.* 2020. Jun. № 44 (3). P. 446–457.
5. Lower skeletal muscle mass is associated with diabetes and insulin resistance: A cross-sectional study / Park J., Lee M., Shin H. [et al.] // *Diabetes Metab Res Rev.* 2023. Oct. № 39 (7). P. 36–51.
6. Moon H. E., Lee T. S., Chung T. H. Association between Lower-to-Upper Ratio of Appendicular Skeletal Muscle and Metabolic Syndrome // *J Clin Med.* 2022. Oct 26. № 11 (21). P. 6309–6323.
7. Сверчков В. В., Быков Е. В. Влияние аппендикулярной массы мышц на риск хронических заболеваний и смертность: обзор исследований с Менделевской рандомизацией // *Адаптивная физическая культура*. 2024. № 2. С. 17–20.
8. Seeking optimal non-pharmacological interventions for sarcopenia: a systematic review and network meta-analysis / Fu Z., Wang Y., Zhao L. [et al.] // *Aging Clin Exp Res.* 2025. Jan 15. № 37 (1). P. 24–39.
9. Impact of resistance training on cardiometabolic health-related indices in patients with type 2 diabetes and overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials / Al-Mhanna S., Franklin B., Jakicic J. [et al.] // *Br J Sports Med.* 2025. Jan 7. 10. P. 89–103.
10. Beyond general resistance training. Hypertrophy versus muscular endurance training as therapeutic interventions in adults with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis / Acosta-Manzano P., Rodriguez-Ayllon M., Acosta F. [et al.] // *Obes Rev.* 2020. Jun. № 21 (6). P. 130–148.
11. Effect of blood flow-restrictive resistance training on metabolic disorder and body composition in older adults with type 2 diabetes: a randomized controlled study / Ma X., Ai Y., Lei F. [et al.] // *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2024. Jun 6, № 15. P. 140–157.
12. Randomizer [по состоянию на март 2021 г.]. URL: <https://www.randomizer.org/> (дата обращения: 12.01.2025).
13. Cumming G. *Understanding The New Statistics: Effect Sizes, Confidence Intervals, and Meta-Analysis*. 1st ed. Routledge, 2012. URL: <https://doi.org/10.4324/9780203807002> (дата обращения: 12.01.2025).

REFERENCES

1. Alberti K. G., Eckel R. H., Grundy S. M. [et al.] (2009), “Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention”, *Circulation*, 120 (16), pp. 1640–5.

2. Käräjämäki A., Korkiakoski A., Hukkanen J. [et al.] (2022), “Long-Term Metabolic Fate and Mortality in Obesity Without Metabolic Syndrome”, *Ann. Med.*, 2022, 54 (1), pp. 1432–1443.
3. Li W., Chen D., Peng Y. [et al.] (2023), “Association Between Metabolic Syndrome and Mortality: Prospective Cohort Study”, *JMIR Public Health Surveill.*, 9, pp. 49–62.
4. Heo J. E., Shim J. S., Lee H. [et al.] (2020), “Association between the Thigh Muscle and Insulin Resistance According to Body Mass Index in Middle-Aged Korean Adults”, *Diabetes Metab J.*, 44 (3), pp. 446–457.
5. Park J. H., Lee M. Y., Shin H. [et al.] (2023), “Lower skeletal muscle mass is associated with diabetes and insulin resistance: A cross-sectional study”, *Diabetes Metab Res Rev.*, 39 (7), pp. 36–51.
6. Moon H. E., Lee T. S., Chung T. H. (2022), “Association between Lower-to-Upper Ratio of Appendicular Skeletal Muscle and Metabolic Syndrome”, *J Clin Med.*, 11 (21), pp. 6309–6323.
7. Sverchkov V. V., Bykov E. V. (2024), “The influence of appendicular muscle mass on the risk of chronic diseases and mortality: a review of studies with Mendelian randomization”, *Adaptive physical culture*, Vol. 98, no. 2, pp. 17–20.
8. Fu Z., Wang Y., Zhao L. [et al.] (2025), “Seeking optimal non-pharmacological interventions for sarcopenia: a systematic review and network meta-analysis”, *Aging Clin Exp Res.*, 37 (1), pp. 24–39.
9. Al-Mhanna S., Franklin B., Jakicic J. [et al.] (2025), “Impact of resistance training on cardiometabolic health-related indices in patients with type 2 diabetes and overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials”, *Br J Sports Med.*, 10, pp. 89–103.
10. Acosta-Manzano P., Rodriguez-Ayllon M., Acosta F. [et al.] (2020), “Beyond general resistance training. Hypertrophy versus muscular endurance training as therapeutic interventions in adults with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis”, *Obes Rev.*, № 21 (6), pp. 130–148.
11. Ma X, Ai Y, Lei F. [et al.] (2024), “Effect of blood flow-restrictive resistance training on metabolic disorder and body composition in older adults with type 2 diabetes: a randomized controlled study”, *Front Endocrinol (Lausanne)*, No 15, pp. 140–157.
12. (2021), “Randomizer” [as of March 2021], URL: <https://www.randomizer.org/>.
13. Cumming G. (2012), “Understanding The New Statistics: Effect Sizes, Confidence Intervals, and Meta-Analysis”, 1st ed., Routledge, <https://doi.org/10.4324/9780203807002>.

Информация об авторах:

Сверчков В. В., младший научный сотрудник НИИ олимпийского спорта, преподаватель кафедры спортивной медицины и физической реабилитации, SPIN-код 8860-4764, ORCID: 0000-0003-3650-0624.

Быков Е. В., проректор по научно-исследовательской работе, заведующий кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации, SPIN-код 4887-2051, ORCID: 0000-0002-7506-8793.

Поступила в редакцию 05.02.2025.

Принята к публикации 17.04.2025.