ВЛИЯНИЕ СИЛОВЫХ ТРЕНИРОВОК С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА НА ПОКАЗАТЕЛЬ ИНДЕКСА КАЧЕСТВА МЫШЦ У ЛИЦ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

В.В. СВЕРЧКОВ, Е.В. БЫКОВ,
ФГБОУ ВО «УралГУФК», г. Челябинск, Россия

Аннотация
Индекс качества мышц – это новый показатель, отражающий морфофункциональное состояние скелетных мышц. Метаболический синдром – наиболее распространенное нарушене обмена веществ, связанное с повышенным риском множества хронических заболеваний. Поскольку скелетные мышцы являются одним из основных мест утилизации глюкозы, триглицеридов и неэтерифицированных жирных кислот, а разные типы мышечных волокон имеют различную метаболическую активность, качество мышц будет иметь важное значение в поддержании метаболического здоровья. Связь между качеством скелетных мышц и тяжестью метаболического синдрома, а также влияние тренировок с отягощениями в сочетании с ограничением кровотока неизвестны. В статье представлены результаты корреляционной зависимости между индексом качества мышц и z-показателем тяжести метаболического синдрома, а также влияние различных режимов тренировок с отягощениями на индекс качества мышц у мужчин с метаболическим синдромом.

Ключевые слова: индекс качества мышц, метаболический синдром, тренировки с ограничением кровотока, тренировки с отягощениями.

EFFECT OF RESISTANCE TRAINING WITH BLOOD FLOW RESTRICTION ON MUSCLE QUALITY INDEX IN INDIVIDUALS WITH METABOLIC SYNDROME

V.V. SVERCHKOV, E.V. BYKOV,
UralSUPC, Chelyabinsk city, Russia

Abstract
The muscle quality index is a new indicator that reflects the morphofunctional state of skeletal muscles. Metabolic syndrome is one of the most common metabolic disorders associated with an increased risk of many chronic diseases. Since skeletal muscle is one of the main sites of glucose, triglyceride, and non-esterified fatty acid utilization, and different types of muscle fibers have different metabolic activities, muscle quality will be important in maintaining metabolic health. The relationship between skeletal muscle quality and the severity of metabolic syndrome, as well as the effect of resistance training in combination with blood flow restriction, is unknown. The article presents the results of the correlation between the muscle quality index and the z-score of metabolic syndrome severity, as well as the effect of different resistance training regimens on the muscle quality index in men with metabolic syndrome.

Keywords: muscle quality index, metabolic syndrome, training with blood flow restriction, resistance training.

Введение

Метаболический синдром (МС) – состояние, включающее в себя абдоминальное ожирение, дислипидемию, повышение артериального давления и нарушение толерантности к глюкозе. Распространенность МС варьируется от 12,5 до 31,4% среди населения всего мира [1]. МС связан с высоким риском развития сахарного диабета 2 типа (СД2), хронической болезни почек, инсульта, сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и смертности от всех причин [2].

Индекс качества мышц (ИКМ), полученный путем деления силы хвата на индекс массы тела (ИМТ) [ИКМ = сила хвата/ИМТ, кг/(кг/м^2)], является новым индикатором здоровья и физической функции. Более того, S. Lee et al. [3] установили, что ИКМ связан с резистент-

ностью к инсулину у лиц с ожирением. В исследовании F. Caamaño-Navarrete et al. [4] отмечается, что ИКМ обратно пропорционально связан с критериями МС, а в исследовании E. Kim et al. [5] указывается на то, что низкий ИКМ связан с более высоким риском развития СД2. К сожалению, в предыдущих исследованиях связь ИКМ устанавливалась с отдельными компонентами МС. Недавно M. DeBoer et al. [6] предложили непрерывную шкалу оценки тМС (*z*-показатель тяжести МС) у взрослых с учетом пола и расы/этнической принадлежности. Тяжесть МС является независимым предиктором ишемического инсульта и инфаркта миокарда у взрослых в возрасте от 40 до 59 лет, предиктором преддиабета и СД2, а также предсказывает возникновение терминальной стадии болезни почек [6]. Следует заметить, что на сегодняшний день отсутствует научная информация о связи между ИКМ и тМС, а также о влиянии тренировок с отягощениями на ИКМ у лиц с МС.

Цель исследования: установить зависимость между ИКМ и *z*-показателем тМС у взрослых мужчин, а также оценить влияние тренировок с отягощениями на ИКМ у мужчин с МС.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе Научно-исследовательского института олимпийского спорта при Уральском государственном университете физической культуры, сети фитнес-клубов «Территория спорта» и медицинской клиники «ПолиКлиника» г. Челябинска в период с сентября 2020 г. по апрель 2022 г.

Исследование проходило в два этапа. На первом после отбора в окончательный анализ вошли результаты исследования 216 мужчин. Критериями включения были нетренированные мужчины в возрасте от 25 до 50 лет, у которых отсутствуют либо имеются один или несколько критериев МС. Критерии «невключения»: острые и хронические инфекционные или соматические заболевания, артериальная гипертензия (выше 140/90), СД2, тромбофлебит глубоких вен конечностей, заболевания опорно-двигательного аппарата и другие противопоказания к выполнению силовой нагрузки. Основной целью первого этапа было определение связи между ИКМ и z-критерием тМС.

Так как в научной литературе существует связь между ИКМ и критериями МС, но не определено направление причинно-следственной связи, целью исследования на втором этапе была оценка влияния тренировок с отягощениями на показатели ИКМ у мужчин с МС. Исходя из этого, из 216 чел. было отобрано 69 мужчин, имеющих три или более критерия МС:

1) увеличенная окружность талии (ОТ): ≥ 94 см;

2) повышенное артериальное давление (АД): систолическое (САД) ≥ 130 или диастолическое (ДАД) ≥ 85 мм рт. ст.;

3) снижение уровня холестерина липопротеидов высокой плотности (ЛПВП): < 40 мг/дл;

4) повышенный уровень триглицеридов: уровень ТГ ≥ 150 мг/дл;

5) повышенный уровень глюкозы натощак: ≥ 100 мг/дл.

Перед проведением 2-го этапа три человека отказались от дальнейшего участия в исследовании. Для рандомизации оставшихся 66 участников исследования использовалась компьютерная программа *Research Randomizer,* которая случайным образом разделила испытуемых на 3 группы: НИОК (низкоинтенсивная силовая тренировка в сочетании с ограничением кровотока; n = 22); ВИ (высокоинтенсивная силовая тренировка без ограничения кровотока; n = 22); НИ (низкоинтенсивная силовая тренировка без ограничения кровотока; n = 22). Так как в группе НИОК (n = 2) и в группе ВИ (n = 1) в процессе проведения этапа испытуемые выполнили менее 70% тренировочных нагрузок (посетили менее 16 тренировочных сессий), они были исключены из окончательного анализа. Двое мужчин были исключены из группы НИ (n = 2), а также один – из группы ВИ (n = 1), чтобы предотвратить погрешность. Таким образом, в окончательный анализ на 2-м этапе вошли результаты исследования 60 мужчин. 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 ФБГОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры» (выписка из заседания от 24.09.2019 № 1).

Оценка индекса качества мышц. Для определения повторного максимума (1 ПМ) в упражнении «Жим штанги лежа» (ЖШЛ) данному контингенту испытуемых предлагался вариант, состоящий из 10 повторений в подходе до концентрического волевого отказа. Если испытуемый мог выполнить более 10 повторений, то подход останавливался. Далее по шкале *Repetitions-in-Reserve* (RIR) [7] оценивалась близость к концентрическому отказу. Если по шкале RIR эта близость составляла менее двух повторений, то фиксировался текущий вес отягощения; если более двух, тестирование продолжалось. После 5-минутного отдыха добавлялся вес отягощения (шаг 5 кг), и подход повторялся. Такой ступенчатый вариант продолжался до тех пор, пока испытуемый мог выполнить только 5–10 повторов до концентрического волевого отказа. Затем рассчитывался один повторный максимум по формуле:

$$1\text{ПМ} = w\left(1+\frac{r}{30}\right),$$

где: w – вес отягощения, r – максимальное количество повторений. Далее рассчитывался ИКМ:

$$\text{ИКМ} = \frac{1\text{ПМ (кг)}}{\text{ИМТ}\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^2}\right)}.$$

После этого участники были разделены на квартили ИКМ ($Q1$ – $Q4$). $Q1$ соответствовал самым высоким значениям ИКМ, а $Q4$ – самым низким.

Оценка критериев метаболического синдрома. Маркеры МС оценивали утром, натощак, после 12–14-часового ночного голодания. Учитывались уровни показателей: ТГ, ЛПВП и глюкозы в плазме крови.

Измерение АД происходило в утренние часы в положении «сидя» через 5 минут отдыха. Были проведены

две оценки с использованием цифрового электронного монитора АД Omron M2 Eco (Япония); среднее значение измерений использовали для анализа данных. Участники были проинформированы о том, что им нельзя употреблять кофеин или курить как минимум за 2 часа до измерения.

Окружность талии (ОТ) измерялась неэластичной измерительной лентой в сантиметрах между самой верхней боковой границей правой подвздошной кости и самой верхней границей левой подвздошной кости с точностью до 0,1 см. Лента плотно прилегала, но не сдавливала кожу и была параллельна полу; измерение производилось в конце нормального выдоха.

Расчет *z*-показателя тМС, зависящей от пола, расы/этнической принадлежности, производился согласно методологии M.D. DeBoer, M.J. Gurka [6]:

$$\text{тМС} = -5{,}4473 + 0{,}0125 \times \text{ОТ} - 0{,}0251 \times \text{ЛПВП} + 0{,}0047 \times \text{САД} + 0{,}8244 \times ln\,(\text{ТГ}) + 0{,}0106 \times \text{глюкоза},$$

где: ЛПВП – липопротеиды высокой плотности (мг/дл) *ln* (ТГ) – натуральный логарифм триглицеридов (мг/дл), глюкоза (мг/дл). Более высокий показатель характеризует менее благоприятный метаболический статус.

Антропометрические показатели. Антропометрические параметры участников были определены после 12–14-часового ночного голодания. Массу тела (кг) измеряли анализатором состава тела InBody 720, рост (м) – с помощью ростомера в легкой одежде и без обуви. ИМТ рассчитывали путем деления массы тела (кг) на квадрат роста ($м^2$).

Протоколы тренировок с отягощениями. Группа НИОК выполняла протокол низкоинтенсивных упражнений с отягощениями в сочетании с ограничением кровотока (интенсивность – 30% от 1 ПМ; 4 подхода в каждом упражнении; 30–15–15–15 повторов в подходе, с паузой отдыха от 30 с до 1 мин между подходами и 2 мин между упражнениями). Группа ВИ выполняла высокоинтенсивные упражнения с отягощениями без ограничения кровотока (интенсивность 70% от 1 ПМ; 4 подхода в каждом упражнении; 10 повторов в каждом подходе с паузой отдыха 2 мин между подходами и упражнениями). Группа НИ выполняла низкоинтенсивные упражнения с отягощениями без ограничения кровотока (интенсивность – 30% от 1 ПМ; 4 подхода в каждом упражнении; 30–15–15–15 повторов в подходе, с паузой отдыха 0,5–1 мин между подходами и 2 мин между упражнениями).

Протокол тренировок состоял из упражнений, выполняемых в режиме “Full Body Training” [8]: жим от груди в тренажере; тяга вертикального блока; жим вверх в тренажере; сгибание предплечий, сидя с гантелями; разгибание предплечий в блоке; жим ногами; разгибание голени в тренажере; сгибание голени в тренажере; подошвенное разгибание в тренажере сидя. Испытуемые провели в общей сложности 24 тренировочных занятия, по 2 раза в неделю в течение 12 недель.

Ограничение кровотока. Для создания ограничения кровотока в группе НИОК использовалась эластичная манжета, обернутая вокруг проксимальной части плеча, бедра или голени. Обхват эластичной ленты был уменьшен на 25% относительно обхвата верхних конечностей и на 30% относительно обхвата нижних [9]. Для повышения переносимости нагрузки использовался прерывистый вариант ограничения кровотока (в течение подхода ограничивали кровоток, во время отдыха кровоток восстанавливали, снимая эластичную ленту).

Статистическая обработка результатов. Полученные результаты обработаны с помощью статистического пакета анализа данных Microsoft Excel. Проверку на нормальность распределения признаков проводили с использованием критериев Колмогорова – Смирнова. Для оценки корреляционной связи между признаками использовали коэффициент корреляции Пирсона *r* (при $\alpha = 0{,}05$). Для выявления значимых изменений между квартилями и исследуемыми группами был использован однофакторный дисперсионный анализ. После выявления значимого влияния факторов применялся апостериорный (*post-hoc*) анализ попарных сравнений с помощью критерия Тьюки. Для определения статистической значимости различий зависимых выборок до и после исследования использовали *t*-критерий Стьюдента.

Для оценки степени влияния различных режимов тренировок с отягощениями был рассчитан размер эффекта динамики ИКМ до и после исследования. По формуле d Коэна разделили среднюю разницу между показателями до и после исследования на усредненное стандартное отклонение без контроля интеркорреляции. При этом значение $d = 0{,}20$ указывает на малый размер эффекта; $d = 0{,}50$ – на средний; $d = 0{,}80$ – 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 достоверными при $p < 0{,}05$.

Результаты исследования

Характеристика участников первого этапа исследования, а также распределение по квартилям ИКМ приведены в табл. 1.

У обследованных мужчин была обнаружена обратно пропорциональная зависимость между ИКМ и *z*-показателем тМС ($r = -0{,}53$; $p < 0{,}05$); наблюдалось увеличение показателя тМС от *Q*1 к *Q*4. Между *Q*1 и *Q*2 статистически значимых различий ($p = 0{,}561$) по показателю тМС не наблюдалось, в то время как между *Q*1 и *Q*3 ($p = 0{,}011$), а также между *Q*1 и *Q*4 ($p = 0{,}000$) были обнаружены статистически значимые различия. Наблюдались они и между *Q*1 и *Q*4 по показателям абсолютной силы мышц верхних конечностей ($p = 0{,}003$), ИМТ ($p = 0{,}000$), ОТ ($p = 0{,}000$), САД ($p = 0{,}000$), ТГ в плазме ($p = 0{,}000$), глюкозы в плазме ($p = 0{,}000$), ЛПВП в плазме ($p = 0{,}000$).

Перед началом второго этапа исследуемые группы демонстрировали схожие параметры силы мышц, ИМТ и ИКМ ($p > 0{,}05$) (табл. 2).

Таблица 1

Характеристика участников первого этапа исследования по квартилям индекса качества мышц (*M* ± *SD*)

Показатель	Общий показатель (*n* = 216)	Q1 (*n* = 54)	Q2 (*n* = 54)	Q3 (*n* = 54)	Q4 (*n* = 54)	*p*
ИКМ, кг/(кг/м^2)	2,32 ± 0,19	2,51 ± 0,15	2,38 ± 0,09	2,26 ± 0,14	2,12 ± 0,18	**0,000***
Возраст (лет)	35,12 ± 9,97	34.31 ± 7,01	35,61 ± 6,84	34.33 ± 8,15	36,25 ± 6,49	0,472
Масса тела (кг)	86,06 ± 10,67	77,15 ± 5,55	82,38 ± 9,41	86,17 ± 6,06	99,58 ± 5,61	**0,000***
Длина тела (см)	179,82 ± 4,56	181,38 ± 5,62	180,23 ± 4,12	177,87 ± 4,21	181,01 ± 2,29	0,819
ИМТ (кг/м^2)	26,63 ± 3,33	23,47 ± 1,71	25,33 ± 2,47	27,69 ± 2,13	30,42 ± 2,08	**0,000***
ОТ (см)	94,76 ± 8,43	88,92 ± 6,41	90,92 ± 7,04	97,01 ± 5,41	103,02 ± 7,18	**0,000***
САД (мм рт. ст.)	129,36 ± 9,29	123,46 ± 7,05	124,92 ± 8,09	131,17 ± 7,12	134,25 ± 5,86	**0,000***
ТГ (мг/дл)	110,91 ± 26,59	92,01 ± 17,48	101,69 ± 23,92	115,33 ± 25,49	136,92 ± 16,12	**0,000***
Глюкоза плазмы (мг/дл)	98,01 ± 5,86	93,54 ± 5,98	97,61 ± 4,75	100,17 ± 6,81	101,08 ± 2,02	**0,000***
ЛПВП (мг/дл)	47,21 ± 8,25	50,46 ± 7,62	52,01 ± 7,04	45,25 ± 8,27	40,42 ± 4,79	**0,000***
Абсолютная сила мышц (кг)	61,41 ± 4,91	58,65 ± 4,96	60,19 ± 4,38	62,71 ± 4.45	64,37 ± 4,14	**0,003***
z-показатель тМС	–0,05 ± 0,57	–0,32 ± 0,45	–0,21 ± 0,51	0,21 ± 0,52	0,59 ± 0,28	**0,000***

Примечание: ИКМ – индекс качества мышц; ИМТ – индекс массы тела; ОТ – обхват талии; САД – систолическое артериальное давление; ТГ – триглицериды; ЛПВП – липопротеиды высокой плотности; тМС – тяжесть метаболического синдрома.

* Статистические различия между *Q1* и *Q4* (апостериорный анализ проведен с помощью критерия Тьюки). Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

Таблица 2

Влияние различных протоколов тренировок с отягощениями на индекс качества мышц у мужчин с метаболическим синдромом *(M ± SD)*

Показатель		Группа исследования (в каждой *n* = 20)		
		НИОК	ВИ	НИ
Сила мышц (1ПМ, кг)	До	62,51 ± 7,62	61,83 ± 7,82	63,92 ± 9,12
	После	74,36 ± 9,93	75,61 ± 8,82	67,46 ± 8,86
p-value		**0,002**	**0,001**	0,083
ИМТ (кг/м^2)	До	30,31 ± 2,85	29,78 ± 2,97	30,03 ± 2,99
	После	29,15 ± 2,26	28,77 ± 2,55	29,52 ± 2,51
p-value		0,502	0,573	0,781
ИКМ, кг/(кг/м^2)	До	2,06 ± 0,19	2,08 ± 0,21	2,12 ± 0,17
	После	2,55 ± 0,16	2,61 ± 0,19	2,26 ± 0,21
p-value		**0,000**	**0,000**	0,073

Примечание:
p-value – статистические различия между показателями до и после курса тренировок (анализ различий проведен по *t*-критерию Стьюдента). Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

После 12-недельного курса силовых тренировок наблюдалось статистически значимое изменение силы мышц для групп НИОК (p = 0,002) и ВИ (p = 0,001), а для группы НИ наблюдалась тенденция к увеличению мышечной силы, но она не достигла статистически значимых различий (p = 0,083). ИМТ ни в одной из групп не достиг статистически значимых различий после исследования (p > 0,05). При этом ИКМ статистически значимо изменился в группах НИОК (p = 0,000) и ВИ (p = 0,000). В группе НИ (p = 0,073) также наблюдалась тенденция к увеличению ИКМ, но она не достигла статистически значимых различий. Размер эффекта динамики ИКМ составил для групп: НИОК: d = 2,8; ВИ: d = 2,65; НИ: d = 0,74.

Обсуждение результатов исследования

В настоящем исследовании были получены следующие результаты. Во-первых, была установлена обратно пропорциональная связь между ИКМ и тМС.

Результаты нашего исследования согласуются с результатами предыдущих исследований. Так, в исследовании M. Tanaka et al. [10] отмечается, что низкое количество

и качество мышц связано с возникновением и прогрессированием МС. В другом исследовании с участием 808 взрослых японцев также было указано на то, что низкое качество мышц является независимым фактором возникновения МС [11]. В исследовании E. Poggiogalle et al. [12] низкое качество мышц обратно пропорционально связано с резистентностью к инсулину у женщин. В другом исследовании с участием 86 пациентов с тяжелым/морбидным ожирением ИКМ был обратно пропорционален абдоминальному ожирению, соотношению талии к росту и САД [4].

В настоящем исследовании ИКМ был обратно пропорционален тМС. Ранее мы обнаружили, что низкая относительная сила мышц верхних и нижних конечностей (1ПМ/тощая масса мышц) также была обратно пропорциональна тМС мужчин с МС [13]. Следовательно, высокий ИКМ может уменьшить тяжесть проявления МС, быть критерием общего состояния здоровья и снижать риск многих хронических заболеваний.

Во-вторых, было выявлено, что низкоинтенсивные тренировки с отягощениями в сочетании с ограничением кровотока, а также высокоинтенсивные силовые тренировки способны повысить ИКМ у лиц с метаболически нездоровым статусом. Известно, что силовые тренировки в большом диапазоне интенсивности увеличивают размер и силу скелетных мышц [14, 15]. При этом ранее было установлено, что данные виды тренировок снижали уровни глюкозы и ТГ в плазме крови, ОТ, САД, тМС, абдоминального и общего ожирения и повышали уровни ЛПВП у мужчин с МС [17, 18]. Действительно, повышенный процент площади поперечного сечения волокон типа II*x* и низкий процент площади поперечного сечения волокон типа I и II*a* связан с неблагоприятным составом тела, а также повышенными гликемическими и липидемическими профилями крови [19]. Систематический обзор A. Damer et al. [20] установил обратно пропорциональную связь между долей волокон типа I и ИМТ и прямо пропорциональную связь между долей волокон типа II*x* и ИМТ. Известно, что волокна типа I и II*a* обладают более высокой плотностью митохондрий и капилляров, окислительной способностью, а, соответственно, имеют более высокую скорость утилизации глюкозы, ТГ и неэтерифицированных жирных кислот относительно мышечных волокон типа II*x* [21]. Соответственно, тренировки, которые повышают долю волокон I и II*a*, а также снижают долю волокон II*x*, будут улучшать метаболические параметры и состав тела. Недавно было установлено, что силовые тренировки дозозависимым образом изменяют соотношение волокон II*a* и II*x*, а повышение доли мышечных волокон II*a* и снижение доли волокон II*x* коррелировало с изменением гликемико-липидемических показателей и резистентностью к инсулину [22]. Более того, систематический обзор B. Schoenfeld et al. [23] продемонстрировал, что силовые тренировки в сочетании с ограничением кровотока приводят к большей гипертрофии волокон I типа относительно волокон II типа, что также положительно может сказаться на метаболическом здоровье. Таким образом, наше исследование и результаты предыдущих исследований демонстрируют, что тренировки с отягощениями являются эффективным подходом к улучшению ИКМ, а также метаболического здоровья.

Выводы

Нами установлено, что индекс качества мышц обратно пропорционален тяжести метаболического синдрома у мужчин и может использоваться в качестве инструмента оценки метаболического здоровья. Тренировки с отягощениями, в том числе в сочетании с ограничением кровотока, способны повысить индекс качества мышц у мужчин с метаболическим синдромом.

Литература/References

1. Noubiap, J., Nansseu J., Lontchi-Yimagou E. et al. (2022), Geographic distribution of metabolic syndrome and its components in the general adult population: A meta-analysis of global data from 28 million individuals, *Diabetes Res. Clin. Pract.*, vol. 188, pp. 109–127.

2. Ju, S., Lee, J. and Kim, D. (2017), Association of metabolic syndrome and its components with all-cause and cardiovascular mortality in the elderly: A meta-analysis of prospective cohort studies, *Medicine (Baltimore),* vol. 96 (45), pp. 84–91.

3. Lee, S., Kim, Y., White, D. et al. (2012), Relationships between insulin sensitivity, skeletal muscle mass and muscle quality in obese adolescent boys, *Eur. J. Clin. Nutr.*, vol. 66 (12), pp. 1366–1368.

4. Caamaño-Navarrete, F., Jerez-Mayorga, D., Alvarez, C. et al. (2023), Muscle Quality Index in Morbidly Obese Patients Related to Metabolic Syndrome Markers and Cardiorespiratory Fitness, *Nutrients*, vol. 15 (11), pp. 245–257.

5. Kim, E., Kim, H., Lee, M. et al. (2022), Association between type 2 diabetes and skeletal muscle quality assessed by abdominal computed tomography scan, *Diabetes Metab. Res. Rev.*, vol. 38 (4), pp. 35–48.

6. DeBoer, M., Gurka, M. (2017), Clinical Utility of Metabolic Syndrome Severity Scores: Considerations for Practitioners, *Diabetes Metab. Syndr. Obes*, vol. 10, pp. 65–72.

7. Bastos, V., Machado, S., Teixeira, D. et al. (2024), Feasibility and Usefulness of Repetitions-In-Reserve Scales for Selecting Exercise Intensity: A Scoping Review, *Percept Mot. Skills*, vol. 131 (3), pp. 940–70.

8. Ramos-Campo, D., Benito-Peinado, P., Andreu-Caravaca, L. et al. (2024), Efficacy of Split versus Full-Body Resistance Training on Strength and Muscle Growth: A Systematic Review with Meta-Analysis, *J. Strength Cond. Res.*, vol. 38 (7), pp. 1330–1340.

9. Aniceto, R. and da Silva Leandro, L. (2022), Practical Blood Flow Restriction Training: New Methodological Directions for Practice and Research, *Sports Med. Open*, vol. 8 (1), pp. 87–99.

10. Tanaka, M., Okada, H., Hashimoto, Y. et al. (2020), Trunk muscle quality and quantity predict the development of metabolic syndrome and the increase in the number of its components in individuals without metabolic syndrome, *Nutr. Metab. Cardiovasc.*, vol. 30 (7), pp. 1161–1168.

11. Tanaka, M., Okada, H. and Hashimoto, Y. (2020), Relationship between metabolic syndrome and trunk muscle quality as well as quantity evaluated by computed tomography, *Clin. Nutr.*, vol. 39 (6), pp. 1818–1825.

12. Poggiogalle, E., Lubrano, C., Gnessi, L. et al. (2019), The decline in muscle strength and muscle quality in relation to metabolic derangements in adult women with obesity, *Clin. Nutr.*, vol. 38 (5), pp. 2430–2435.

13. Sverchkov, V.V., Bykov, Ye.V. (2021), Muscle strength and severity of metabolic syndrome, *Olimpiyskiy sport i sport dlya vsekh*, Materialy XXVI Mezhdunarodnogo nauchnogo Kongressa, pod obshchey redaktsiyey R.T. Burganova, pp. 409–411.

14. Schoenfeld, B., Grgic, J., Ogborn, D. et al. (2017), Strength and Hypertrophy Adaptations between Low – vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis, *J. Strength. Cond. Res.*, vol. 31 (12), pp. 3508–3523.

15. Koloskov, F.A., Miroshnikov, A.B. and Meshtel, A.V. (2023), Mechanisms of the influence of training with blood flow restriction on hypertrophy of working muscles: a review of the subject field, *Rossiyskiy zhurnal sportivnoy nauki: meditsina, fiziologiya, trenirovka,* vol. 2, no. 2 (6).

16. Sverchkov, V.V. and Bykov, E.V. (2023), Effect of strength training with blood flow restriction on body composition in individuals with metabolic syndrome: a randomized controlled trial, *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny*, vol. 22 (3), pp. 59–65.

17. Sverchkov, V.V. and Bykov Ye.V. (2023), The positive effect of low-intensity strength training with blood flow restriction on metabolic parameters in men with metabolic syndrome, *Zhurn. med.-biol. issledovaniy,* vol. 11 (3), pp. 310–320.

18. Methenitis, S., Nomikos, T., Mpampoulis, T. et al. (2024), Type IIx muscle fibers are related to poor body composition, glycemic and lipidemic blood profiles in young females: the protective role of type I and IIa muscle fibers, *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol. 124 (2), pp. 585–594.

19. Damer, A., El Meniawy, S., McPherson, R. et al. (2022), Association of muscle fiber type with measures of obesity: A systematic review, *Obes. Rev.*, vol. 23 (7), pp. 134–147.

20. Serrano, N., Hyatt, J., Houmard, J. et al. (2023), Muscle fiber phenotype: a culprit of abnormal metabolism and function in skeletal muscle of humans with obesity, *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, vol. 325 (6), pp. 723–733.

21. Methenitis, S., Nomikos, T., Mpampoulis, T. et al. (2023), Different eccentric-based power training volumes improve glycemic, lipidemic profile and body composition of females in a dose-dependent manner: Associations with muscle fibers composition adaptations, *Eur. J. Sport Sci.*, vol. 23 (2), pp. 241–250.

22. Schoenfeld, B., Ogborn, D., Piñero, A. et al. (2023), Fiber-type-specific hypertrophy with the use of low-load blood flow restriction resistance training: A systematic review, *J. Funct. Morphol. Kinesiol.*, vol. 8 (2), pp. 51–63.