Дата публикации: 01.06.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_30
УДК [612.173+616.127]; 796.015

Publication date: 01.06.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_30
UDC [612.173+616.127]; 796.015

ВЛИЯНИЕ СИЛОВЫХ ТРЕНИРОВОК НА УРОВЕНЬ ЛАКТАТА КРОВИ У МУЖЧИН С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

В.В. Сверчков, Е.В. Быков
Уральский государственный университет физической культуры, г. Челябинск, Россия

Аннотация. При метаболических заболеваниях лактат натощак повышен и может быть предиктором развития метаболического синдрома и сахарного диабета 2 типа. Образцы плазмы крови были проанализированы на содержание лактата натощак у мужчин с метаболическим синдромом и без него. Также у всех участников была оценена относительная мышечная сила верхних конечностей. После этого субъекты с метаболическим синдромом прошли 12-ти недельный курс силовых тренировок различной интенсивности. Были оценены данные о концентрации лактата плазмы натощак до и после курса силовых тренировок. Субъекты с метаболическим синдромом имели более высокий уровень лактата натощак (p=0,0001). В группе с высокой относительной мышечной силой концентрация лактата натощак статистически значимо (p=0,012) была ниже, чем в группе с низкой относительной мышечной силой. 12 недель силовых тренировок статистически значимо снизили концентрацию лактата натощак в группе высокоинтенсивных силовых упражнений (p=0,006) и низкоинтенсивных силовых упражнений с ограничением кровотока (p=0,007) у мужчин с метаболическим синдромом. Уровень лактата в плазме натощак был повышен у мужчин с метаболическим синдромом по сравнению со здоровыми мужчинами. Мышечная сила может быть защитным фактором против повышения концентрации лактата натощак. Концентрация лактата натощак была снижена за счет регулярного выполнения силовых тренировок.

Ключевые слова: лактат, метаболический синдром, силовая тренировка, тренировка с ограничением кровотока, митохондриальная дисфункция, мышечная сила.

INFLUENCE OF RESISTANCE TRAINING ON BLOOD LACTATE LEVEL IN MEN WITH METABOLIC SYNDROME

V.V. Sverchkov, E.V. Bykov
Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia

Annotation. In metabolic diseases, fasting lactate is elevated and may be a predictor of the development of metabolic syndrome and type 2 diabetes mellitus. Plasma samples were analyzed for fasting lactate in men with and without metabolic syndrome. The relative muscle strength of the upper extremities was also assessed for all participants. Thereafter, subjects with metabolic syndrome completed a 12-week course of resistance training at varying intensities. Fasting plasma lactate concentration data were evaluated before and after a course of strength training. Subjects with metabolic syndrome had higher fasting lactate levels (p=0.0001). In the group with high relative muscle strength, fasting lactate concentration was statistically significantly (p=0.012) lower than in the group with low relative muscle strength. 12 weeks of resistance training significantly reduced fasting lactate concentrations in the high-intensity resistance exercise group (p=0.006) and low-intensity resistance exercise with blood flow restriction (p=0.007) in men with metabolic syndrome. Fasting plasma lactate levels were elevated in men with metabolic syndrome compared with healthy men. Muscle strength may be a protective factor against elevated fasting lactate levels. Fasting lactate concentration was reduced by regular resistance exercise.

Keywords: lactate, metabolic syndrome, resistance training, blood flow restriction training, mitochondrial dysfunction, muscle strength.

Введение. Использование глюкозы плазмы в качестве источника энергии включает ее транспортировку в клетки, где она метаболизируется в пируват в цитозоле перед поступлением в митохондрии для полного окисления в цикле трикарбоновых кислот. Пировиноградная кислота, не попавшая в митохондрии, превращается в лактат, который является продуктом незавершенного метаболизма глюкозы. В состоянии покоя концентрация лактата в плазме увеличивается, когда поток через гликолиз превышает скорость митохондриального окисления. Следовательно, увеличение лактата может быть индикатором нарушения метаболизма глюкозы. Действительно, уровень лактата натощак выше у людей с метаболическим синдромом (МС) [1], диабетом 2 типа [2] и гипертонией [3], чем у здоровых людей, а также лактат был связан с 10-летним риском сердечно-сосудистых заболеваний [4]. Увеличение лактата также может влиять на метаболизм глюкозы, нарушая передачу сигналов инсулина мышцами и опосредованное инсулином поглощение глюкозы мышцами [5]. Производство лактата увеличивается либо за счет увеличения расхода энергии, либо за счет уменьшения количества энергии, вырабатываемой при аэробном окислении. К тому же, лактилирование скелетных мышц было повышено у тучных женщин по сравнению с худыми женщинами и ассоциировалось с резистентностью к инсулину [6]. Таким образом, повышенный уровень лактата может указывать на повышенную зависимость от гликолиза и использоваться в качестве нового биомаркера в клинических условиях для прогнозирования риска метаболических заболеваний.

В работающих мышцах лактат часто считается побочным продуктом метаболизма недостаточного снабжения кислородом. Однако теперь известно, что лактат вырабатывается даже в аэробных условиях [7]. В литературе по физическим упражнениям производство, утилизация и клиренс лактата выше у хорошо тренированных велосипедистов, чем у здоровых лиц, ведущих малоподвижный образ жизни [8]. В другом исследовании элитных спортсменов сравнивали с людьми с МС [9]. Примечательно, что в состоянии покоя концентрация лактата в крови у лиц с МС приближалась к таковой у тренированных велосипедистов, тренирующихся с нагрузкой 300 Вт. Недавно было установлено, что 6-месячная программа аэробных тренировок умеренной интенсивности приводила к снижению концентрации лактата в плазме у лиц с МС [10]. Также известно, что такие вмешательства, как шунтирование желудка и аэробные упражнения умеренной интенсивности, которые улучшают метаболическое здоровье, снижают уровень лактата в плазме натощак [10].

Известно, что мышечная сила обратно пропорциональна тяжести МС [11]. Однако на данный момент отсутствует информация о связи между уровнем лактата плазмы натощак и мышечной силой, а также о влиянии упражнений с отягощениями на концентрацию лактата в плазме натощак у лиц с МС.

Методы и организация исследования. В исследовании, проводившемся на базе научно-исследовательского института Олимпийского спорта при Уральском государственном университете физической культуры, приняли участие 52 здоровых мужчины и 60 мужчин, имеющих МС. У всех участников была проведена оценка силы мышц верхних конечностей в упражнении «Жим штанги лежа». Были проанализированы факторы риска МС: уровень глюкозы, триглицеридов (ТГ), липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) в плазме, обхват талии (ОТ), систолического артериального давления (САД), z-показателя тяжести МС (тМС), а также концентрация лактата в плазме натощак. Характеристика участников представлена в табл. 1.

Таблица 1

Морфофункциональные и биохимические показатели участников, M±σ

Переменные	Здоровый контроль (n=52)	Метаболический синдром (n=60)	P
Возраст, лет	32,85±7,24	33,45±6,71	0,787
Длина тела, см	177,05±6,32	178,81±6,79	0,406
Масса тела, кг	74,35±5,06	91,31±6,93	**0,0001**
ИМТ, кг/м²	23,76±1,81	28,62±2,52	**0,0001**
Обхват талии, см	85,51±5,79	98,35±4,46	**0,0001**
САД, мм рт. ст.	119,15±5,56	131,21±4,46	**0,0001**
ТГ, мг/дл	87,45±15,47	127,15±24,04	**0,0001**
Глюкоза, мг/дл	91,61±5,51	98,71±3,96	**0,0001**
ЛПВП, мг/дл	55,75±5,59	43,75±6,51	**0,0001**
z-показатель тМС	-0,57±0,39	0,33±0,31	**0,0001**
Лактат, ммоль/л	0,85±0,15	1,43±0,14	**0,0001**
Отн.сила, кг/кг	76,09±11,23	67,21±10,26	**0,012**

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; САД – систолическое артериальное давление; ТГ – триглицериды; ЛПВП – липопротеины высокой плотности; тМС – тяжесть метаболического синдрома; жирным шрифтом выделены статистически значимые различия

Оценка метаболического синдрома

МС диагностировался в соответствии с комбинированным определением Международной диабетической федерации, Американской кардиологической ассоциации и Национального института сердца, легких и крови[12].

Для определения МС у обследуемых мужчин было необходимо наличие центрального ожирения (обхват талии от 94 см и выше) плюс два из ниже перечисленных критерия:

1) уровень триглицеридов крови от 150 мг/дл и выше или текущий прием препаратов, снижающих уровень триглицеридов;

2) содержание холестерина липопротеинов высокой плотности менее 40 мг/дл;

3) систолическое артериальное давление (САД) от 130 мм рт. ст. и выше, или диастолическое артериальное давление (ДАД) от 85 мм рт. ст. и выше, или текущий прием антигипертензивных препаратов;

4) уровень глюкозы плазмы крови более 100 мг/дл, или текущий прием сахароснижающих препаратов, или ранее диагностированный сахарный диабет 2 типа (СД2).

Оценка факторов риска метаболического синдрома

ОТ измерялся с помощью неэластичной ленты между самой верхней боковой границей правой подвздошной кости и самой верхней границей левой подвздошной кости с точностью до 0,1 см.

Образцы венозной крови натощак были взяты у участников после 12-14 ч ночного голодания. Оценивались уровни глюкозы, ТГ, ЛПВП, лактата. Оценка уровня лактата в плазме натощак проводилась также после 16-недельной программы тренировок с отягощениями у мужчин с МС.

Измерение артериального давления выполнялось в сидячем положении после 5 мин отдыха, на правой руке с использованием автоматического тонометра Omron M2 Eco (Япония).

Расчет *z*-показателя тяжести МС проводился согласно методологии M.D. DeBoer, M.J. Gurka [13]. Более высокий *z*-показатель тяжести МС указывает на менее благоприятный метаболический профиль.

Оценка мышечной силы

В этом исследовании оценивался повторный максимум (1ПМ) в упражнении «Жим штанги лежа» (ЖШЛ). Тестирование проводилось по следующей схеме. Участники выполняли разминочный подход, после чего добавлялся вес отягощения (5 кг каждый шаг) до тех пор, пока испытуемые смогли выполнить 7-10 повторов до концентрического волевого отказа (7-10ПМ), после чего рассчитывался повторный максимум (1ПМ) по предложенной формуле B. Epley [14]. Затем рассчитывали относительную силу для упражнения ЖШЛ (1ПМ (кг)/вес тела (кг) × 100) для каждого участника.

Протокол упражнений с отягощениями

Участники с диагностированным МС были случайным образом разделены на три группы: первая группа выполняла низкоинтенсивные упражнения с отягощениями в сочетании с ограничением кровотока (НИОК; *n*=20); вторая группа – высокоинтенсивные упражнения с отягощениями без ограничения кровотока (ВИ; *n*=20); третья группа – низкоинтенсивные упражнения с отягощениями без ограничения кровотока (НИ; *n*=20). В общей сложности испытуемые выполнили 24 тренировки (2 раза в неделю) на протяжении 12 недель.

Более подробно протокол силовых упражнений представлен в нашей публикации [15].

Статистическая обработка результатов

Для изучения влияния мышечной силы на уровень лактата в плазме натощак испытуемые были разделены на группу с высокой относительной мышечной силой 50% верхних результатов и группу с низкой относительной мышечной силой 50% нижних результатов на основе медианы 70,42 кг. Межгрупповые различия в среднем значении каждого элемента измерения были проанализированы с использованием независимого t-критерия Стьюдента (при α=0,05 и α=0,01). Затем мужчины с МС прошли курс силовых тренировок в течение 12 недель 2 раза в неделю. Внутригрупповые и межгрупповые различия до и после вмешательства производились с применением зависимого и независимого t- критерия Стьюдента (при α=0,05 и α=0,01).

Результаты исследования и их обсуждение. Среди 112 мужчин, принявших участие в данном исследовании, у 60 участников был обнаружен МС, а 52 участника были здоровы. Сравнение показателей обмена веществ и относительной силы мышц верхних конечностей у мужчин с МС и без него представлены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние относительной мышечной силы на критерии метаболического синдрома и уровень лактата в плазме, M±σ

Переменные	Высокая мышечная сила (n=56)	Низкая мышечная сила (n=56)	P
ИМТ, кг/м²	24,84±2,31	27,53±3,59	**0,007**
Обхват талии, см	88,45±7,12	95,41±8,01	**0,006**
САД, мм рт. ст.	122,55±7,92	127,81±6,53	**0,027**
ТГ, мг/дл	92,25±19,78	122,35±27,91	**0,0003**
Глюкоза, мг/дл	93,41±6,27	97,05±4,98	**0,048**
ЛПВП, мг/дл	53,25±6,96	46,25±8,67	**0,007**
z-показатель тМС	-0,39±0,49	0,15±0,52	**0,0001**
Лактат, ммоль/л	0,99±0,31	1,29±0,29	**0,003**
Отн.сила, кг/кг	81,08±6,46	62,22±6,65	**0,0001**

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; САД – систолическое артериальное давление; ТГ – триглицериды; ЛПВП – липопротеины высокой плотности; тМС – тяжесть метаболического синдрома; жирным шрифтом выделены статистически значимые различия

После разделения участников на группы с высокой и низкой относительной мышечной силой мы обнаружили статистически значимо более низкие показатели ИМТ (p=0,007), ОТ (p=0,006), САД (p=0,027), ТГ (p=0,0003), глюкозы (p=0,048), z-показателя тМС (p=0,0001), лактата (p=0,003) и статистически значимо более высокие показатели ЛПВП (p=0,007) в группе с высокой относительной мышечной силой (табл. 2).

В данном исследовании также изучалось влияние различных силовых протоколов на уровень лактата в плазме натощак. Было установлено, что 12 недель силовых тренировок в группах ВИ (p=0,006) и НИОК (p=0,007) приводили к статистически значимому снижению уровня лактата в плазме натощак, без статистически значимых изменений между этими группами (p=0,758) (рис.). В группе НИ не наблюдалось статистически значимых изменений после исследования (p=0,463).

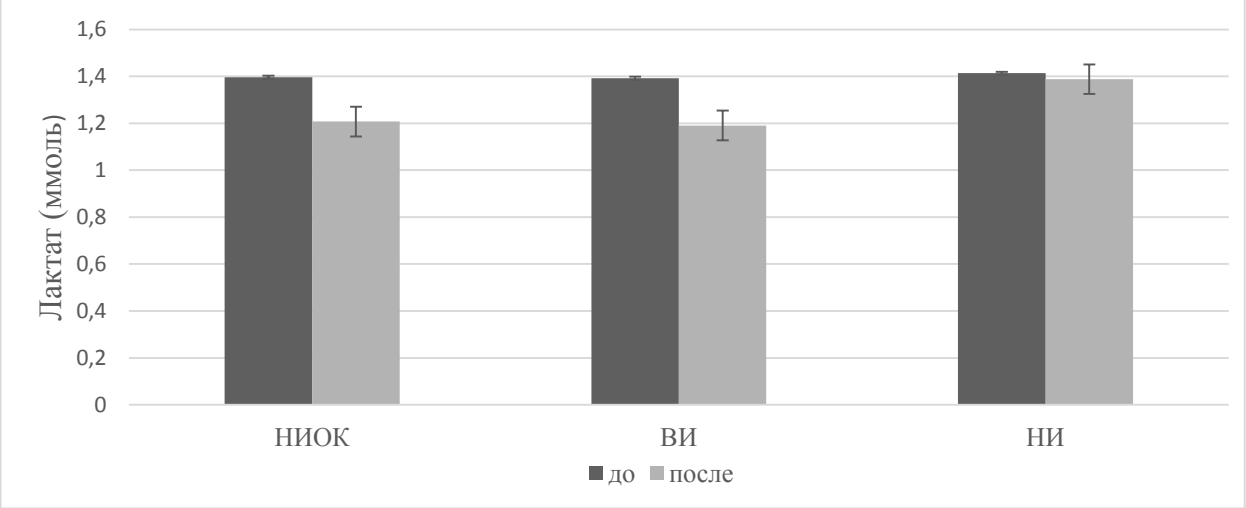


Рис. Лактат плазмы натощак у мужчин с метаболическим синдромом до и после 12 недель силовых нагрузок различной интенсивности

Примечание: НИОК – группа, выполнявшая низкоинтенсивные упражнения с отягощениями в сочетании с ограничением кровотока; ВИ – группа, выполнявшая высокоинтенсивные упражнения с отягощениями без ограничения кровотока; НИ – группа, выполнявшая низкоинтенсивные упражнения с отягощениями без ограничения кровотока

Лактат натощак повышается при метаболических заболеваниях, таких как диабет, гипертония, дислипидемия и т.д. [1-3]. Наше исследование, судя по информации в доступной литературе, впервые продемонстрировало, что относительная мышечная сила может являться защитным фактором против повышения лактата плазмы натощак. Также в этом исследовании нами было установлено, что 12-ти недельная программа тренировок с отягощениями способствует снижению концентрации лактата плазмы натощак у мужчин с МС.

Производство лактата является отражением разрыва между энергетическими потребностями ткани и способностью производить энергию за счет аэробного митохондриального окисления. В скелетных мышцах здоровых людей в условиях покоя окисление энергетических субстратов обеспечивает большую часть необходимой энергии, а производство лактата за счет анаэробного гликолиза минимально. Производство лактата увеличивается либо за счет увеличения расхода энергии, то есть при выполнении физических упражнений, либо за счет снижения производства аэробной энергии. Повышенная продукция лактата в мышцах лиц с МС позволяет сделать вывод, что окислительное фосфорилирование снижено у лиц с нарушением обмена веществ [16].

Хорошо известно, что внутриклеточный метаболизм углеводов и липидов зависит от митохондриальной функции [17]. Дефекты в использовании митохондриального субстрата и нарушение потока в цикле трикарбоновых кислот приводят к снижению аэробного окисления. Снижение аэробного окисления приводит к компенсаторному увеличению гликолиза и сдвигу метаболизма в сторону продуктов гликолиза, таких как лактат. Нарушения цикла трикарбоновых кислот на уровне мышечной клетки могут быть ключевым фактором, определяющим распределение субстрата и метаболическое здоровье. В целом, эти изменения в метаболизме субстрата на клеточном уровне способствуют метаболической негибкости и прогрессированию метаболических заболеваний [1].

Хотя изменения в митохондриальной функции обычно происходят после аэробных тренировок, есть доказательства того, что силовые тренировки также вызывают изменения в митохондриальной биоэнергетике. Так, в недавнем исследовании показано, что тренировка с отягощениями приводила к повышению дыхательной способности митохондрий, при этом мышечная сила положительно коррелировала с дыхательной способностью митохондрий [18]. В другом исследовании 12-ти недельная программа силовых тренировок приводила к количественным и качественным изменениям митохондриального дыхания скелетных мышц, а также к увеличению транскриптов, ответственных за белки, необходимых для переноса электронов и производства никотинамидадениндинуклеотида [19]. Также в этом отношении силовые тренировки с ограничением кровотока улучшали митохондриальную дыхательную функцию и синтез митохондриального белка [20]. Низкое напряжение кислорода, которое возникает во время окклюзии или механического стресса при выполнении силовых упражнений может привести к выработке активных форм кислорода – важных сигнальных молекул, которые могут участвовать в митохондриальном биогенезе [21]. У лиц с застойной сердечной недостаточностью силовые тренировки с ограничением кровотока, проводимые 3 раза в неделю в течение 6 недель, улучшали связанную с комплексом I функцию митохондрий мышц по сравнению с контрольной группой, не получавшей лечение [22]. Также известно, что сиртуины, которые активируются при силовой тренировке, а также при повторяющихся циклах ишемии-реперфузии, которые происходят во время тренировок с ограничением кровотока, могут влиять на биогенез и функцию митохондрий [23-24].

Заключение. Уровень лактата в крови натощак может дать ценную информацию об общем «метаболическом» здоровье. Лактат связан с изменением силовых способностей, соответственно, измерение лактата может быть полезно при назначении профилактических мероприятий до появления метаболических заболеваний. Регулярное выполнение упражнений с отягощениями способно снизить уровень лактата крови у мужчин с МС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Plasma Lactate as a Marker for Metabolic Health / Broskey N., Zou K., Dohm G. [et al] // Exerc Sport Sci Rev. – Jul 2020. – № 48(3). – pp. 119-124. DOI: 10.1249/JES.0000000000000220.
2. Lactate and risk of incident diabetes in a case-cohort of the atherosclerosis risk in communities (ARIC) study / Juraschek S., Shantha G., Chu A. [et al] // PLoS One. – 2013. – № 8(1). – pp. 55-67. DOI: 10.1371/journal.pone.0055113.
3. Plasma lactate and incident hypertension in the atherosclerosis risk in communities study / Juraschek S., Bower J., Selvin E. [et al] // Am J Hypertens. – Feb 2015. – № 28(2). – pp. 216-224. DOI: 10.1093/ajh/hpu117.
4. Ahlgrim C. Clarifying the Link Between the Blood Lactate Concentration and Cardiovascular Risk / C. Ahlgrim, M. Baumstark, K. Roecker // Int J Sports Med. – Dec 2022. – № 43(13). – pp. 1106-1112. DOI: 10.1055/a-1812-5840.
5. Lactate induces insulin resistance in skeletal muscle by suppressing glycolysis and impairing insulin signaling / Choi C., Kim Y., Lee F. [et al] // Am J Physiol Endocrinol Metab. – 2002 Aug. – № 283(2). – pp. 233-240. DOI: 10.1152/ajpendo.00557.2001.

6. Lactate-induced lactylation in skeletal muscle is associated with insulin resistance in humans / Maschari D., Saxena G., Law T. [et al] // Front Physiol. – Aug 30, 2022. – № 13. – pp. 95-107. DOI: 10.3389/fphys.2022.951390.
7. Brooks, G. A. The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory / G. Brooks // Cell Metab. – Apr 3, 2018. – № 27(4). – pp. 757-785. DOI: 10.1016/j.cmet.2018.03.008.
8. Lactate kinetics at the lactate threshold in trained and untrained men / Messonnier L., Emhoff C., Fattor J. [et al] // J Appl Physiol (1985). – Jun, 2013. – № 114(11). – pp. 1593-602. DOI: 10.1152/japplphysiol.00043.2013.
9. San-Millán, I. Assessment of Metabolic Flexibility by Means of Measuring Blood Lactate, Fat, and Carbohydrate Oxidation Responses to Exercise in Professional Endurance Athletes and Less-Fit Individuals / I. San-Millán, G. Brooks // Sports Med. – Feb 2018. – № 48(2). – pp. 467-479. DOI: 10.1007/s40279-017-0751-x.
10.Plasma lactate as a marker of metabolic health: Implications of elevated lactate for impairment of aerobic metabolism in the metabolic syndrome / Jones T., Pories W., Houmard J. [et al] // Surgery. – Nov 2019. – № 166(5). – pp. 861-866. DOI: 10.1016/j.surg.2019.04.017.
11.Сверчков, В. В. Мышечная сила и тяжесть метаболического синдрома / В. В. Сверчков, Е. В. Быков // Олимпийский спорт и спорт для всех. Материалы XXVI Международного научного Конгресса. Под общей редакцией Р.Т. Бурганова, 2021. – С. 409-411. [In English] Sverchkov V.V., Bykov E.V. Muscle strength and severity of metabolic syndrome. Olympic sport and Sport to All. Materials of the XXVI International Scientific Congress. Under the editorship of R.T. Burganov, 2021. pp. 409-411.
12.Harmonizing the Metabolic Syndrome: A Joint Interim Statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity / Alberti K., Eckel R., Grundy S. [et al] // Circulation. – 2009. – Vol. 120. – № 16. – pp. 1640-1645. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644
13.DeBoer, M. Clinical Utility of Metabolic Syndrome Severity Scores: Considerations for Practitioners / M. DeBoer, M. Gurka // Diabetes Metab. Syndr. Obes. – 2017. – № 10. – pp. 65-72. DOI: 10.2147/DMSO.S101624.
14.The Accuracy of Prediction Equations for Estimating 1-RM Performance in the Bench Press, Squat, and Deadlift / LeSuer D., McCormick J., Mayhew J. [et al] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 1997. – № 11(4). – pp. 211-213.
15.Сверчков В. В. Влияние низкоинтенсивных силовых тренировок с ограничением кровотока на динамику силовых способностей у лиц с метаболическим синдромом / В. В. Сверчков, Е. В. Быков // Проблемы подготовки научных и научно-педагогических кадров: опыт и перспективы: сборник научных трудов молодых ученых, посвященный 50-летию УралГУФК. – Челябинск, 2022. – С. 177-184. [In English] Sverchkov V.V., Bykov E.V. Effect of low-intensity resistance training with blood flow restriction on dynamics of strength capabilities in people with metabolic syndrome. Issues of training scientific and academic personnel: experience and prospects: collection of scientific works of young scientists, dedicated to the 50th anniversary of the Ural State University of Physical Culture. Chelyabinsk, 2022. pp. 177-184.
16.San-Millán I. Assessment of Metabolic Flexibility by Means of Measuring Blood Lactate, Fat, and Carbohydrate Oxidation Responses to Exercise in Professional Endurance Athletes and Less-Fit Individuals / I. San-Millán, G. Brooks // Sports Med. – Feb 2018. – № 48(2). – pp. 467-479. DOI: 10.1007/s40279-017-0751-x.
17.Type 2 Diabetes Related Mitochondrial Defects in Peripheral Mononucleated Blood Cells from Overweight Postmenopausal Women / Calabria E., Muollo V., Cavedon V. [et al] // Biomedicines. – Jan 3 2023. – № 11(1). – P. 121. DOI: 10.3390/biomedicines11010121.
18.Muscle strength after resistance training correlates to mediators of muscle mass and mitochondrial respiration in middle-aged adults / McKenna C., Salvador A., Keeble A. [et al] // J Appl Physiol (1985). – Sep 1 2022. – № 133(3). – pp. 572-584. DOI: 10.1152/japplphysiol.00186.2022.
19.Resistance Exercise Training Alters Mitochondrial Function in Human Skeletal Muscle / Porter C., Reidy P., Bhattarai N. [et al] // Med Sci Sports Exerc. – Sep 2015. – № 47(9). – pp. 1922-1931. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000605.
20.Skeletal Muscle Mitochondrial Protein Synthesis and Respiration Increase With Low-Load Blood Flow Restricted as Well as High-Load Resistance Training / Groennebaek T., Jespersen N., Jakobsgaard J. [et al] // Front Physiol. – 2018 Dec 17. –

№ 9. – pp. 1796-1808. DOI: 10.3389/fphys.2018.01796.
21.Resistance training to improve type 2 diabetes: working toward a prescription for the future / Pesta D., Goncalves R., Madiraju A. [et al] // Nutr Metab (Lond). – Mar 2 2017. – № 14. – pp. 24-37. DOI: 10.1186/s12986-017-0173-7.
22.Effect of Blood Flow Restricted Resistance Exercise and Remote Ischemic Conditioning on Functional Capacity and Myocellular Adaptations in Patients With Heart Failure / Groennebaek T., Sieljacks P., Nielsen R. [et al] // Circ Heart Fail. – 2019 Dec. – № 12(12). – pp. 642-658. DOI: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.119.006427.
23.Vargas-Ortiz K. Exercise and Sirtuins: A Way to Mitochondrial Health in Skeletal Muscle / K. Vargas-Ortiz, V. Pérez-Vázquez, M. Macías-Cervantes // Int J Mol Sci. – Jun 3, 2019. – № 20(11). – pp. 2717-2729. DOI: 10.3390/ijms20112717.
24.Morris K. Pathways for ischemic cytoprotection: role of sirtuins in caloric restriction, resveratrol, and ischemic preconditioning / Morris K., Lin H., Thompson J. [et al] // J Cereb Blood Flow Metab. – 2011 Apr. – № 31(4). – pp. 1003-1019. DOI: 10.1038/jcbfm.2010.229.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Вадим Владимирович Сверчков – младший научный сотрудник НИИ олимпийского спорта, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, e-mail: Vadim.sverchkov@yandex.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3650-0624.
Евгений Витальевич Быков – доктор медицинских наук, профессор, проректор по НИР, директор НИИ олимпийского спорта, зав. кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7506-8793.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Vadim Vladimirovich Sverchkov – Junior Researcher of the Scientific Research Institute of Olympic Sports, Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: Vadim.sverchkov@yandex.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3650-0624
Evgenij Vital'evich Bykov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research Projects, Director of the Scientific Research Institute of Olympic Sports, Head of the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation, Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7506-8793

Для цитирования: Сверчков В. В. Влияние силовых тренировок на уровень лактата крови у мужчин с метаболическим синдромом / В. В. Сверчков, Е. В. Быков // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_30

For citation: Sverchkov V.V., Bykov E.V. Influence of resistance training on blood lactate level in men with metabolic syndrome. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_30