

Дата публикации: 01.09.2021

DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_03_6

УДК 616-008.9;796.015.5;159.937

ПЕРЦЕПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ЛИЦ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ НА СИЛОВЫЕ УПРАЖНЕНИЯ С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА

В.В. Сверчков, Е.В. Быков
ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической
культуры», г. Челябинск, Россия

Ключевые слова: рейтинг воспринимаемого напряжения, упражнения с ограничением кровотока, шкала Борга, визуальная аналоговая шкала, метаболический синдром.

Аннотация. Известно, что упражнения с отягощениями низкой интенсивности и с ограничением кровотока способны улучшать нервно-мышечные параметры, однако их переносимость и влияние на людей с метаболическим синдромом остаются неизвестными. В нашем исследовании оценивался рейтинг воспринимаемого напряжения по шкале Борга и мышечный болевой ответ по визуальной аналоговой шкале после упражнений с ограничением и без ограничения кровотока по сравнению с силовыми упражнениями высокой интенсивности у людей с метаболическим синдромом. Результаты нашего исследования показали, что как силовые упражнения высокой интенсивности, так и упражнения низкой интенсивности, выполненные до концентрического отказа, вызывают более высокий уровень воспринимаемого напряжения по сравнению с силовыми упражнениями с ограничением кровотока, но при этом упражнения с ограничением кровотока могут вызывать более выраженный мышечный болевой ответ.

PERCEPTUAL RESPONSES OF PEOPLE WITH METABOLIC SYNDROME TO BLOOD FLOW RESTRICTION STRENGTH EXERCISE

V.V. Sverchkov, E.V. Bykov
FSBEI of HE “The Ural State University of Physical Culture”,
Chelyabinsk, Russia

Key words: rating of perceived exertion, blood flow restriction exercises, Borg scale, visual analogue scale, metabolic syndrome.

Annotation. Low-intensity resistance exercises with blood flow restriction have been shown to improve neuromuscular parameters in several clinical groups, but their tolerance and effect on people with metabolic syndrome remains unknown.

This study assessed perceived exertion on the Borg scale and muscle pain response on a visual analogue scale after exercises with blood flow restriction and without restriction compared to high-intensity strength training in people with metabolic syndrome. Our results showed that both high-intensity and low-intensity strength exercises performed until the concentric failure elicit a higher level of perceived exertion compared to strength exercises with the blood flow restriction, but that blood flow restriction exercises may cause a more pronounced muscle pain response.

Введение. Отсутствие физической активности и малоподвижный образ жизни признаны общественно-значимыми проблемами во всем мире. Снижение двигательной активности и высококалорийное питание являются основополагающими факторами метаболического синдрома (МС) [1]. При этом кардиореспираторная подготовка [2] и мышечная сила [3] были обратно пропорциональны развитию МС. Хотя высокоинтенсивные тренировки потенциально могут обеспечить более эффективные результаты в улучшении толерантности к глюкозе, уменьшению уровня дислипидемии и объему талии у людей с МС [4], выполнение данных упражнений требует значительных физических усилий. Соответственно, лица с наличием компонентов МС часто испытывают трудности в выполнении высокоинтенсивных программ упражнений. Кроме того, высокоинтенсивные упражнения приводят к увеличению уровня воспринимаемого усилия, а также к снижению удовольствия после выполнения физических упражнений [5], что можно рассматривать как фактор снижения приверженности к регулярному выполнению упражнений со стороны людей с МС. Следовательно, внедрение новых режимов упражнений низкой и умеренной интенсивности, которые могут привести к значительному улучшению метаболических компонентов, то есть сохранять полезные эффекты упражнений высокой интенсивности, но при этом обладать низкими реакциями восприятия, может быть полезно для длительного соблюдения режима упражнений у лиц с МС.

Тренировки с отягощениями с низкой интенсивностью в сочетании с ограничением кровотока (blood flow restriction - BFR) поставили под сомнение представления о том, что для увеличения размера и силы мышц требуются высокие нагрузки, превышающие 65% от максимума одного повторения (1 повторный максимум - ПМ) [6]. Несмотря на это, другие исследования продемонстрировали, что упражнения с отягощениями низкой интенсивности с BFR способны вызывать гипертрофию мышц и улучшение мышечной силы у различных групп населения [7, 8].

Хотя было подтверждено, что упражнения с отягощениями с низкой нагрузкой, выполняемые до концентрического отказа, также могут вызывать

увеличение мышечной гипертрофии и повышать мышечную силу [9], необходимость выполнять большие объемы упражнений делает этот тренировочный подход непрактичным. Показано, что использование силовых упражнений низкой интенсивности с локальным ограничением кровотока способны увеличить площадь поперечного сечения мышц аналогично силовым тренировкам с высокой интенсивностью, снижая при этом тренировочный объем и время до концентрического отказа [10].

Основные механизмы, ответственные за мышечную адаптацию после силовых тренировок с применением BFR, остаются неизвестными. Однако, предполагается, что это может быть связано с увеличенной активацией мышечных волокон II типа [11], накоплением метаболитов во внутримышечной среде [12], секрецией анаболических гормонов [13], отеком мышц, вызванным данным режимом физической нагрузки [14] и активацией различных молекулярных механизмов [15].

Некоторые исследования показали, что силовые и аэробные упражнения с применением BFR приводят к повышенным ответам параметров восприятия нагрузки [16, 17]. Например, повышение перцепционных реакций, вызванных упражнениями с отягощениями низкой интенсивности, таких как оценка воспринимаемой нагрузки и дискомфорта в ногах, было больше при использовании упражнений с BFR, чем при использовании упражнений без BFR, но при этом эти реакции не выше, чем при выполнении силовых упражнений низкой интенсивности, выполняемых до концентрического отказа [18]. Кроме того, определено, что состояние настроения снижалось после упражнений с отягощениями низкой интенсивности с BFR, в то время как они не наблюдали этого после упражнений с отягощениями низкой интенсивности без BFR [19]. В другом исследовании на пожилых женщинах с гипертонией силовые упражнения, выполняемые с BFR, показали более низкий рейтинг воспринимаемой нагрузки по сравнению с традиционными высокоинтенсивными силовыми упражнениями [20]. Повышалось настроение после высокоинтенсивных аэробных тренировок и аэробных тренировок с BFR аналогично по сравнению с аэробными тренировками без BFR [21].

Таким образом, данные литературы свидетельствуют о неоднозначной реакции воспринимаемого напряжения у разных групп населения.

Цель исследования: оценить уровень воспринимаемого усилия и болевой ответ по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) после силовых тренировок низкой интенсивности с применением BFR по сравнению с традиционными силовыми тренировками у лиц с метаболическим синдромом.

Методы и организация исследования. В настоящем исследовании приняли участие 15 человек (9 мужчин, возраст $34,2 \pm 4,7$ года и 6 женщин,

возраст $35,4 \pm 3,5$ лет), соответствующие критериям наличия МС по определению Международной федерации диабета. Каждый из участников исследования выполнил три различных протокола силовых упражнений, разделенных между собой 7-дневным периодом отдыха.

Первый протокол соответствовал высокой интенсивности (ВИ) и состоял из 3 подходов по 10 повторов с 80% от 1 ПМ (повторного максимума) с интервалом отдыха 2 минуты между подходами. Второй протокол включал упражнения низкой интенсивности с ограничением кровотока (НИОК) с весом отягощения 30-40% от 1 ПМ, выполненных в 3 подходах до концентрического отказа с одномоментной паузой отдыха между подходами.

Для создания ограничения кровотока в конечностях использовалась эластичная лента, обернутая вокруг проксимальной части с натяжением 7 по шкале воспринимаемого давления от 0 до 10 [22]. Эластичная лента затягивалась перед первым подходом и снималась после выполнения последнего подхода в упражнении.

Третий протокол низкой интенсивности без ограничения кровотока (НИ) соответствовал 30-40% от 1 ПМ, выполняемый в 3 подходах до концентрического отказа с паузой отдыха 1 минута. В каждом протоколе участники выполнили два упражнения: жим ногами и сгибание рук со штангой стоя. После каждого подхода оценивались уровень воспринимаемого напряжения по шкале Борга (6-20), а также уровень локальной мышечной боли во время выполнения упражнений по визуальной аналоговой шкале боли (ВАШ: 1-10).

Результаты исследования и их обсуждение. Как видно из приведенных в таблице результатов, уровень воспринимаемого напряжения и локальной мышечной боли увеличивались на протяжении всех подходов в упражнениях для всех протоколов. Уровень воспринимаемого напряжения был достоверно выше в группе ВИ по сравнению с группами НИОК и НИ ($p < 0,05$). При этом уровень воспринимаемого напряжения был также достоверно выше в группе НИ по сравнению с группой НИОК ($p < 0,05$). Протоколы НИ и НИОК показали одинаковое увеличение уровней локальной мышечной боли по ВАШ без достоверных различий между группами ($p > 0,05$), однако оба протокола продемонстрировали более высокий болевой ответ по сравнению с группой ВИ ($p < 0,05$).

Для того, чтобы снизить локальную мышечную боль можно использовать прерывистый BFR [14], который показал такой же острый физиологический ответ, как и непрерывный BFR. Важно также отметить, что реакции восприятия во время упражнений с BFR недолговечны и, как было показано ранее, проходят после нескольких тренировок [23].

Оценка переносимости нагрузки по шкале Борга и ВАШ после различных режимов работы (баллы)

Показатель	Группа		
	ВИ	НИОК	НИ
Шкала Борга	16,5±1,41	13,87±1,55	15,46±1,41
ВАШ	5,92±1,46	7,28±1,45	7,57±1,19

Заключение. Полученные нами результаты показали, что как силовые упражнения высокой интенсивности, так и упражнения низкой интенсивности, выполненные до концентрического отказа, вызывают более высокий уровень воспринимаемого напряжения по сравнению с силовыми упражнениями с BFR, но при этом упражнения с BFR могут вызывать более выраженный мышечный болевой ответ.

Список литературы

1. Santos F. Level of leisure-time physical activity and its association with the prevalence of metabolic syndrome in adults: a population-based study / F. Santos, I. Back, M. Giehl [et al.] // *Rev Bras Epidemiol.* – 2020. – № 23. – P. 20–32.
2. Kim B. Cardiorespiratory fitness is strongly linked to metabolic syndrome among physical fitness components: a retrospective cross-sectional study / B. Kim, M. Ku, T. Kiyoji [et al.] // *J Physiol Anthropol.* – 2020. – № 39(1). – P. 30–42.
3. Bakker E. Association of Resistance Exercise, Independent of and Combined With Aerobic Exercise, With the Incidence of Metabolic Syndrome / E. Bakker, D. Lee, X. Sui [et al.] // *Mayo Clin Proc.* – 2017. – № 92(8). – P. 1214–1222.
4. Da Silva M. The Effects of Concurrent Training Combining Both Resistance Exercise and High-Intensity Interval Training or Moderate-Intensity Continuous Training on Metabolic Syndrome / M. Da Silva, L. Baptista, R. Neves [et al.] // *Front Physiol.* – 2020. – № 11. – P. 572–583.
5. Ekkekakis P. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription / P. Ekkekakis, G. Parfitt, S. Petruzzello // *Sports Med.* – 2011. – № 41(8). – P. 641–671.
6. Garber C. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise / C. Garber, B. Blissmer, M. Deschenes [et al.] // *Med Sci Sports Exerc.* – 2011. – № 43(7). – P. 1334–1359.
7. Lixandrão M. Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis

/ M. Lixandrão, C. Ugrinowitsch, R. Berton [et al.] // Sports Med. – 2018. – № 48(2). – P. 361-378.

8. Grønfeltdt B. Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis / B. Grønfeltdt, J. Lindberg Nielsen, R. Mieritz et al. // R Scand J Med Sci Sports. – 2020. – № 30(5). P. 837–848.

9. Schoenfeld B. Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis / B. Schoenfeld, J. Grgic, D. Ogborn [et al.] // J Strength Cond Res. 2017. – № 31(12). – P. 3508-3523.

10. Yasuda T. Effect of low-load resistance exercise with and without blood flow restriction to volitional fatigue on muscle swelling / T. Yasuda, K. Fukumura, H. Iida et al. // Eur J Appl Physiol. – 2015. – № 115(5). – P. 919–926.

11. Fatela P. Acute effects of exercise under different levels of blood-flow restriction on muscle activation and fatigue / P. Fatela, J. Reis, G. Mendonca [et al.] // Eur J Appl Physiol. – 2016. – № 116(5). – P. 985–995.

12. Okita K. Resistance training with interval blood flow restriction effectively enhances intramuscular metabolic stress with less ischemic duration and discomfort / K. Okita, S. Takada, N. Morita [et al.] // Appl Physiol Nutr Metab. – 2019. – № 44(7). – P. 759–764.

13. Amani-Shalamzari S. Blood Flow Restriction During Futsal Training Increases Muscle Activation and Strength / S. Amani-Shalamzari, F. Farhani, H. Rajabi [et al.] // Front Physiol. – 2019. – № 10. – P. 614–625.

14. Freitas E. Acute Physiological Responses to Resistance Exercise With Continuous Versus Intermittent Blood Flow Restriction: A Randomized Controlled Trial / E. Freitas, R. Miller, A. Heishman et al. // Front Physiol. – 2020. – № 11. – P. 132–144.

15. Nakajima T. Repetitive restriction of muscle blood flow enhances mTOR signaling pathways in a rat model / T. Nakajima, T. Yasuda, S. Koide [et al.] // Heart Vessels. – 2016. – № 31. – P. 1685–1695.

16. Bell Z. Moderately heavy exercise produces lower cardiovascular, RPE, and discomfort compared to lower load exercise with and without blood flow restriction / Z. Bell, S. Buckner, M. Jessee [et al.] // Eur J Appl Physiol. – 2018. – № 118(7). – P. 1473–1480.

17. Silva J. Physiological and Perceptual Responses to Aerobic Exercise With and Without Blood Flow Restriction / J. Silva, J. Domingos-Gomes, E. Freitas [et al.] // J Strength Cond Res. – 2019 May 24. Epub ahead of print.

18. Loenneke J. The effects of resistance exercise with and without different degrees of blood-flow restriction on perceptual responses / J. Loenneke, D. Kim, C. Fahs [et al.] // *J Sports Sci.* – 2015. – № 33(14). – P. 1472–1479.

19. Silva J. Mood Effects of Blood Flow Restriction Resistance Exercise Among Basketball Players / J. Silva, R. Aniceto, L. Oliota-Ribeiro [et al.] // *Percept Mot Skills.* – 2018. – № 125(4). – P. 788–801.

20. Pinto R. Acute resistance exercise with blood flow restriction in elderly hypertensive women: haemodynamic, rating of perceived exertion and blood lactate / R. Pinto, M. Karabulut, R. Poton [et al.] // *Clin Physiol Funct Imaging.* – 2018. – № 38(1). – P. 17–24.

21. Da Silva J. Aerobic exercise with blood flow restriction affects mood state in a similar fashion to high intensity interval exercise / J. da Silva, K. Silva, J. Domingos-Gomes [et al.] // *Physiol Behav.* – 2019. – № 211. – P. 112–123.

22. Freitas E. The Acute Physiological Responses to Traditional vs. Practical Blood Flow Restriction Resistance Exercise in Untrained Men and Women / E. Freitas, B. Galletti, K. Koziol [et al.] // *Front Physiol.* – 2020. – № 11. – P. 57–69.

23. Brandner C. Delayed Onset Muscle Soreness and Perceived Exertion After Blood Flow Restriction Exercise / C. Brandner, S. Warmington // *J Strength Cond Res.* – 2017. – № 31(11). – P. 3101–3108.

Сведения об авторах: Вадим Владимирович Сверчков – младший научный сотрудник НИИ олимпийского спорта Уральского государственного университета физической культуры, аспирант кафедры спортивной медицины и физической реабилитации Уральского государственного университета физической культуры, e-mail: vadim.sverchkov@yandex.ru; **Евгений Витальевич Быков** – доктор медицинских наук, профессор, проректор по НИР, директор НИИ олимпийского спорта, зав. кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации Уральского государственного университета физической культуры, e-mail: bev58@yandex.ru.

Information about the authors: Vadim Vladimirovich Sverchkov – Junior Researcher of the Research Institute of Olympic Sports of the Ural State University of Physical Culture, Post-graduate Student of the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation of the Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: vadim.sverchkov@yandex.ru; **Evgenij Vital'evich Bykov** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the Research Institute of Olympic Sports, Head of the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation of the Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: bev58@yandex.ru.