

УДК 796.012.6

МЫШЕЧНАЯ АКТИВАЦИЯ ВО ВРЕМЯ УПРАЖНЕНИЙ НА НЕСТАБИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

Семёнова Г.И., Григорьев П.А.

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: galsem@list.ru*

Цель данного исследования состоит в сравнении мышечной активации при выполнении упражнений на стабильных и нестабильных поверхностях. За последнее десятилетие основное внимание исследователей сосредоточено на использовании нестабильности при тренировке с отягощениями. Физиотерапевты начали использовать нестабильные поверхности еще перед Второй мировой войной. Особенно активно в терапии и спортивной тренировке используется Немецкий или Швейцарский мяч (Swissballs). Применение нестабильных поверхностей активно продолжается и в настоящее время среди спортсменов, людей, которые стремятся вести активный образ жизни. За последние 10–15 лет баланс-тренинг стал одним из важнейших разделов фитнеса и функционального тренинга. «Нестабильными поверхностями» принято считать упражнения, на которых они являются неустойчивыми. Тренировки с нестабильными поверхностями (такими как BOSU, TerraCORE) активно используются как дополнение к упражнениям на устойчивой поверхности, для одновременной тренировки нескольких групп мышц и повышения мышечной активации. Однако, несмотря на большую популярность вовлечения функционального мини-оборудования в тренировочный процесс, в физической культуре и спорте ставится вопрос о его эффективности. До сих пор проходят дебаты по поводу того, существует ли разница в мышечной активации между упражнениями на нестабильных поверхностях по сравнению с традиционными упражнениями, использующими лишь вес собственного тела. Проведенное исследование показало, что упражнения на нестабильных поверхностях в большей степени повышают мышечную активацию мышц, в сравнении с упражнениями на стабильных поверхностях (на полу). Однако данный тип тренировок подходит только здоровым и готовым к этому людям. Также наше исследование показало, что использование электромиографа в работе тренера может быть полезным, например, в поисках сравнения мышечной активации при выборе различных упражнений.

Ключевые слова: упражнения на нестабильных поверхностях, упражнения на стабильных поверхностях, bosu, электромиограф, мышечная активация

MUSCLE ACTIVATION DURING OF EXERCISING ON AN UNSTABLE SURFACE (BOSU)

Semenova G.I., Grigorev P.A.

*Ural Federal University named after the first president of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg,
e-mail: galsem@list.ru*

The purpose of this study is to compare muscle activation during exercise on stable and unstable surfaces. Over the past decade, researchers have focused on exploiting instability in weight training. Physiotherapists began using unstable surfaces before world war II. Especially active in therapy and sports training is used German or Swiss ball (Swissballs). The use of unstable surfaces is actively continuing and currently among athletes, people who seek to lead an active lifestyle. Over the past 10-15 years, balance training has become one of the most important sections of fitness and functional training. «Unstable surfaces» are considered to be exercises on which they are unstable. Workouts with unstable surfaces (such as BOSU, TerraCORE) are actively used as a Supplement to exercises on a stable surface, to simultaneously train several muscle groups and increase muscle activation. However, despite the great popularity of involving functional mini-equipment in the training process, the question of its effectiveness is raised in physical culture and sports. There is still debate about whether there is a difference in muscle activation between exercises on unstable surfaces compared to traditional exercises that use only their own body weight. The study showed that exercises on unstable surfaces more increase muscle activation of muscles, in comparison with exercises on stable surfaces (on the floor). However, this type of training is suitable only for healthy and ready for this people. Our study also showed that the use of an electromyograph in the work of a trainer can be useful, for example, in looking for a comparison of muscle activation when choosing different exercises. The purpose of this study is to compare muscle activation during exercise on stable and unstable surfaces. Over the past decade, researchers have focused on exploiting instability in weight training. Physiotherapists began using unstable surfaces before world war II. Especially active in therapy and sports training is used German or Swiss ball (Swissballs). The use of unstable surfaces is actively continuing and currently among athletes, people who seek to lead an active lifestyle. Over the past 10-15 years, balance training has become one of the most important sections of fitness and functional training. «Unstable surfaces» are considered to be exercises on which they are unstable. Workouts with unstable surfaces (such as BOSU, TerraCORE) are actively used as a Supplement to exercises on a stable surface, to simultaneously train several muscle groups and increase muscle activation. However, despite the great popularity of involving functional mini-equipment in the training process, the question of its effectiveness is raised in physical culture and sports. There is still debate about whether there is a difference in muscle activation between exercises on unstable surfaces compared to traditional exercises that use only their own body weight. The study showed that exercises on unstable surfaces more increase muscle activation of muscles, in comparison with exercises on stable surfaces (on the floor). However, this type of training is suitable only for healthy and ready for this people. Our study also showed that the use of an electromyograph in the work of a trainer can be useful, for example, in looking for a comparison of muscle activation when choosing different exercises.

Keywords: unstable surface exercise, stable surface exercise, bosu, electromyography, muscle activation

Одними из самых популярных упражнений и оборудования для тренировки мышц кора за последние несколько лет специалисты по фитнесу называют упражнения на нестабильных поверхностях. «Нестабильными поверхностями» принято считать приспособления для выполнения упражнений, на которых они являются неустойчивыми. Эти приспособления называются так из-за их способности нарушать равновесие вынесением проекции общего центра масс тела за пределы площади опоры (устройства) или изменять точку приложения сил вследствие деформации поверхности (подушка из пенорезины, песок).

Устройства с различной степенью неустойчивости часто используются для спортивного и повседневного повышения работоспособности, активации определенных мышечных групп, улучшения баланса и движения опорно-двигательного аппарата [1]. Существует много устройств, которые обеспечивают неустойчивую поверхность. Эти устройства включают в себя воздушные шары (например, швейцарские, физиоили спортивные мячи), полусферические шары с надутой стороной купола и плоской стороной из твердой резины (например, BOSU), надувные диски, качающиеся или балансирующие доски, пенопластовые трубы и пенопластовые платформы высокой и низкой плотности, а также многие другие сопутствующие устройства. Нестабильные устройства способствуют нарушению равновесия, так как колебание положения тела может проецировать (выводить) центр масс тела за пределы области поддержки устройства. Нестабильные устройства также способствуют нарушению равновесия, поскольку поверхность легко деформируется (например, пенопластовая прокладка низкой плотности) в ответ на силы реакции, связанные с изменениями в центре давления на опору.

Сторонники нестабильных устройств предполагают, что большая нестабильность может вызывать изменения в нервно-мышечной системе в большей степени, чем при обычных упражнениях на полу [2]. Смысл в том, что дестабилизирующая учебная среда (в данном случае нестабильная поверхность) может усилить нервно-мышечную адаптацию и специфичность тренировки, обеспечивая при этом более разнообразный и эффективный стимул для ее проведения. Позиция Канадского общества физиологии упражнений [3] состоит в том, что данные упражнения функционально полезны для здоровья (например, улучшение стабильности суставов и снижение травм нижних конечностей). Кроме того,

после проведения исследований и тренировок выявлялось улучшение силы, баланса и функциональных показателей в основном у молодых, здоровых и взрослых людей [4]. Кроме того, система тренировок, включающая в себя данную методику, представляется подходящей схемой обучения, которая должна применяться в реабилитационном и гериатрическом контексте [4, 5].

Согласно принципу спецификации обучения правильным движениям, тренировка должна максимально близко имитировать требования задачи или деятельности. Такие задачи при занятиях спортом и фитнесом, профессиональных занятиях и повседневной деятельности, часто возникают на относительно неустойчивых поверхностях (например, катание на лыжах, сноуборде, катание на коньках, ходьба и работа в условиях гололеда или грязи). J.M. Willardson утверждает, что «оптимальный метод, способствующий увеличению баланса, проприорецепции и стабильности позвоночника для любого вида спорта, состоит в том, чтобы практиковать сам навык на той же поверхности, на которой навык выполняется в соревновании или реальной жизни» [6]. Точно так же P.M. Shmidtbleiher и др. [7] заявляют, что межмышечная координация может быть развита только путем практики движения, для которого требуется координация. К сожалению, в некоторых сезонных видах спорта специальная тренировка невозможна круглый год (например, катание на лыжах летом или бейсбол на снегу). Таким образом, альтернативные задачи с использованием неустойчивых поверхностей могут быть включены в тренировку для обеспечения прогрессивной нагрузки и для стимуляции сил и адаптаций баланса.

Теоретически, выполнение упражнений с тренажером с нестабильной опорой должно требовать большей мышечной активации, чем эквивалентные упражнения, выполняемые без него, что потенциально может оказать большее влияние на силу, функциональную стабильность и спортивные результаты. Ряд авторов (J.M. Willardson и др.) [6] упоминают о том, что определенные тренировки с нестабильными поверхностями требуют повышенной активации мышц для выполнения любой заданной задачи, в зависимости от их способности изменять два механических свойства:

1) размер и расположение основания опоры. Изменение размера и расположения основания поддержки (BOSU) относительно положения конечностей пользователя создает нестабильную платформу для упражнений, требующую различных ам-

плитуд активации мышц для поддержания центра масс пользователя над BOSU;

2) направление вектора сил обращено на мышечные группы. Так как основание опоры изменяется в направлении, углы векторных сил, придаваемых мышечным группам под действием силы тяжести, также изменяются, что может изменить характер моторного контроля.

Американские коллеги пришли к выводу, что многолетний опыт тренировок ведет к тому, что упражнения на нестабильных поверхностях могут играть важную роль как часть периодизированной программы тренировок для атлетов, как часть реабилитационной программы тренировок после травм, или как интересный и новый способ тренировок для обычного населения в качестве лучшей активационной работы мышц, которая имеет свои преимущества.

В настоящее время тренировки с нестабильными поверхностями (такими как BOSU, TerraCORE) активно используются как дополнение к упражнениям на устойчивой поверхности, для одновременной тренировки нескольких групп мышц и повышения мышечной активации. Однако, несмотря на большую популярность вовлечения функционального мини-оборудования в тренировочный процесс, в физической культуре и спорте ставится вопрос о его эффективности. До сих пор проходят дебаты по поводу того, существует ли разница в мышечной активации между упражнениями на нестабильных поверхностях по сравнению с традиционными упражнениями, использующими лишь вес собственного тела.

Предполагается, что нестабильный тренинг дает аналогичные или даже более существенные улучшения производительности, по сравнению со стабильным (на полу), потому что данный метод тренировки предъявляет более высокие требования к нервно-мышечной системе (то есть во время тренировки необходима дополнительная суставная и поструральная стабильность).

На сегодняшний день недостаточно научных данных о мышечной активности, измеренной одновременно по нескольким различным типам упражнений. Поэтому целью данного исследования было определить, увеличивает ли данный тип тренинга активацию мышц по сравнению с аналогичными упражнениями, выполняемыми на устойчивой поверхности. Очевидна необходимость проведения исследований по эффективности данного метода, для того, чтобы дать тренерам-реабилитологам, спортивным тренерам и тренерам по фитнесу рекомендации и улучшить качество их работы.

Цель исследования состоит в сравнении мышечной активации при выполнении упражнений на стабильных и нестабильных поверхностях.

Материалы и методы исследования

Было проведено исследование, в ходе которого использовались следующие методы: анализ литературы, тестирование, педагогический эксперимент, методы математико-статистической обработки. В исследовании принимали участие 25 взрослых здоровых людей (14 женщин и 11 мужчин) в возрасте от 33 до 45 лет с примерно одинаковой комплекцией тела. Исследование проходило с помощью электромиографа двумя способами:

1) с помощью накожных электродов.

2) стимуляционная электромиография – при искусственной стимуляции нервно-мышечного аппарата.

Второй подход позволяет исследовать нервно-мышечную передачу, рефлекторную деятельность, определить скорость проведения возбуждения по мышце. Каждый из испытуемых имел 16 предварительно закрепленных беспроводных поверхностных ЭМГ-электродов, расположенных на двух сторонах: большой грудной мышцы (PM), средней дельтовидной мышцы (MD), передней зубчатой мышцы (SA), косых мышц живота (OB), прямой мышцы живота (RA), большой ягодичной мышцы (GM), мышца-разгибателей позвоночника (ES) и средней трапециевидной / ромбовидной мышцы (MT). Каждому участнику эксперимента было предложено осуществить 4 следующих упражнения в 5 повторениях: «ягодичный мост», «планка», «отжимания», «приседания». Мышечная активация оценивалась в упомянутых выше упражнениях сначала на полу, а потом на нестабильной поверхности (BOSU). Среднеквадратичное значение (RMS) каждой стороны для каждой мышцы усредняли для анализа данных.

Исследование было проведено в апреле 2019 г. на базе одного из фитнес-клубов в целях проверки мышечной активации при выполнении различных упражнений с использованием двух методик: упражнений на нестабильной поверхности (мы использовали полусферу BOSU) и выполнением упражнений на полу.

Двадцать пять испытуемых приняли участие в этом исследовании после прочтения и подписания информированного согласия, одобренного отделом Министерства здравоохранения Свердловской области. Критерии включения для участия в исследовании:

1) возраст 18–35 лет;

2) умение читать, говорить и писать на русском языке;

3) отсутствие истории травм позвоночника, верхних или нижних конечностей или операций в течение предыдущих шести месяцев;

4) измерение кожной складки живота менее 34 мм для предотвращения импеданса, влияющего на считывание ЭМГ мышц живота. Эта мера складки кожи была выбрана произвольно, чтобы гарантировать, что субъекты имели содержание жира ниже 24%.

Испытуемые выполняли поочередно 8 упражнений: 4 с использованием полушеры BOSU и затем 4 эквивалентные упражнения на полу.

После получения письменного согласия были проведены антропометрические измерения, такие как рост, вес и толщина кожной складки живота, с помощью стандартной шкалы веса тела и штангенциркуля Lange (Beta Technology, Inc., Cambridge, MD) соответственно. Испытуемые выполняли вышеупомянутые упражнения в произвольном порядке, удерживая по пять секунд положение тела в нижней точке.

Сигнал ЭМГ регистрировали на протяжении всего выполнения каждого упражнения для сравнения активации мышц посредством нормализованного среднеквадратичного значения (RMS) между упражнением на BOSU и аналогичным упражнением без BOSU.

Во время пятисекундного мышечного сокращения данные ЭМГ собирали с помощью EMG Works® (Delsys Inc., Бостон, Массачусетс) с частотой дискретизации 2000 Гц и фильтровали через Butterworth 2-полосовой фильтр порядка (частота среза: 100–400 Гц, 160 дБ/дек.). Сигнал от каждой мышцы с каждой стороны был усреднен для представления группы мышц на двусторонней основе. Средние три секунды каждой пятисекундной фазы рассматривались для мышечного изометрического сокращения (RIC). Порядок выполнения контрольных упражнений был рандомизирован для каждого человека с перерывом в одну минуту между каждым упражнением.

Данные были проанализированы с использованием SPSS® версии 23 для Windows® (IBM Corp: Armonk, NY). Доверительные интервалы и стандартные отклонения для RMS и RIC (%) были получены для каждой группы мышц. Учитывая, что корреляция между переменными для каждого упражнения была больше 0,70, многофакторный дисперсионный анализ (MANOVA) для каждого упражнения использовался для сравнения различий между активацией мышц между состояниями

(с BOSU и на полу). Последующий анализ для каждой мышцы с использованием корректировок Бонферрони выполнялся, когда MANOVA была статистически значимой ($p \leq 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение

При сравнении всех упражнений анализатор MANOVA показал статистически значимо большую активацию мышц (как минимум в одной группе) во время упражнения на нестабильных поверхностях. После анализа всех упражнений данный анализатор выявил статистически значимое увеличение мышечной активации для следующих мышц: во время упражнения «планка»: OB ($p = 0,021$); «отжимание»: PM ($p = 0,002$), RA ($p < 0,0001$), OB ($p = 0,019$), MT ($p < 0,0001$) и ES ($p = 0,006$); MD ($p = 0,016$), RA ($p = 0,059$) и OB ($p = 0,027$); и «ягодичный мост»: RA ($p = 0,013$) и ES ($p < 0,0001$).

Проведенное исследование показало, что упражнения на нестабильных поверхностях в большей степени повышают мышечную активацию выбранных нами мышц, в сравнении с упражнениями на стабильных поверхностях (на полу). Однако данный тип тренировок подходит только здоровым и готовым к этому людям. Также наше исследование показало, что использование электромиографа в работе тренера может быть полезным, например, в поисках сравнения мышечной активации при выборе различных упражнений.

Заключение

Результаты этого исследования указывают на то, что использование нестабильной платформы BOSU увеличит активацию нескольких групп мышц по сравнению с аналогичными упражнениями, выполняемыми на устойчивой поверхности.

«Приседания» было единственным упражнением, которое продемонстрировало статистически значимое увеличение активации мышц почти для всех протестированных групп мышц.

Несмотря на то, что было проведено множество исследований по изучению активности ЭМГ выбранных мышц во время различных упражнений, выполняемых на неустойчивых поверхностях, в немногих исследованиях изучалась относительная разница аналогичных упражнений, выполняемых с использованием нестабильных поверхностей. Кроме того, в настоящее время нет доступной литературы, в которой одновременно рассматриваются первичная, вторичная и стабилизирующая

мускулатура в таком широком спектре комбинаций мышц и упражнений. Результаты этого исследования согласуются с результатами, найденными в Anderson et al., где отмечалось увеличение активности ЭМГ мускулатуры стабилизации во время физических нагрузок при снижении стабильности. Кроме того, это исследование наводит на предположение, что использование BOSU меняет структуру работы мышц. Таким образом, представляется, что мышцы конечностей должны быть активированы в большей степени, чтобы предотвратить ненужные горизонтальные и диагональные движения. Кроме того, мускулатуре требуется дополнительная активная работа, чтобы помочь стабилизировать движущийся сустав, в дополнение к выполнению желаемого движения.

Результаты этого исследования показали увеличение мышечной активации верхних конечностей и основных мышц при выполнении упражнений с использованием тренажера BOSU. Также следует отметить, что увеличение мышечной активации во время данных упражнений было характерно для каждого конкретного упражне-

ния, вне зависимости от положения и нагрузки на тренажер.

Список литературы

1. McCall A., Carling C., Davison M., Nedelec M., F. Le Gall, Berthoin S., Dupont G. Injury risk factors, screening tests and preventative strategies: a systematic review of the evidence that underpins the perceptions and practices of 44 football (soccer) teams from various premier leagues. *British journal of sports medicine*. 2015. Vol. 4 (2). P. 12–18.
2. Neyroud D., Kayser B., Place N. Commentaries on Viewpoint: Inappropriate interpretation of surface EMG signals and muscle fiber characteristics impedes understanding of the control of neuromuscular function. *J. Appl. Physiol.* (1985). 2015. Vol. 119 (12). P. 1519.
3. Behm D.G., Drinkwater E.J., Willardson J.M., Cowley P.M. Canadian Society for Exercise Physiology Position Stand: The use of instability to train the core in athletic and non-athletic conditioning. *Applied Physiology Nutrition Metabolism*. 2010. Vol. 35. P. 11–14.
4. Criswell E., Cram J.R. Cram's introduction to surface electromyography. 2nd ed. Sudbury, MA: Jones and Bartlett, 2011. P. 511.
5. Enoka R.M., Duchateau J. Inappropriate interpretation of surface EMG signals and muscle fiber characteristics impedes understanding of the control of neuromuscular function. *J. Appl. Physiol.* (1985). 2015. Vol. 119 (12). P. 1516–1518.
6. Willardson J.M., Fontana F.E., Bressel E. Effect of surface stability on core muscle activity for dynamic resistance exercises. *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* 2009. Vol. 4 (1). P. 97–109.
7. Schmidtbleicher P.M., Sforzo G.A., Swensen T. Efficacy of instability resistance training. *Int. J. Sports Med.* 2007. Vol. 10. P. 829–835.