

## **Острые эффекты вибрации всего тела на мышечную активность, силу и мощность**

**PRUE CORMIE, RUSSELL S. DEANE, N. TRAVIS TRIPLETT, AND JEFFREY M. MCBRIDE**

*Neuromuscular Laboratory, Department of Health, Leisure & Exercise Science, Appalachian State University, Boone, North Carolina 28608.*

**ABSTRACT.** Cormie, P., R.S. Deane, N.T. Triplett, and J.M. McBride. Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power. *J. Strength Cond. Res.* 20(2):257–261. 2006

Цель этой работы – изучить эффекты одной тренировочной сессии с использованием вибрации всего тела (whole-body vibration, WBV) на выполнение изометрического приседа (isometric squat, IS) и прыжка (countermovement jump, CMJ). Девять средней физической подготовки мужчин участвовали в исследовании: измеряли пиковую силу (peak force, PF) во время IS, высоту прыжка (jump height, JH) и пиковую мощность (peak power, PP) во время CMJ. Регистрировали усредненную интегрированную электромиограмму (IEMG) мышц: vastus medialis, vastus lateralis, и biceps femoris. Испытуемые выполняли задание в двух формах: вибрация или имитация. Исходные параметры физической формы измеряли при IS и CMJ, а затем испытуемые выполняли 30-секундное WBV и имитацию тренинга. После WBV и имитации показатели измеряли на 5, 15 и 30 минутах. Результаты WBV были существенно выше ( $p \neq 0.05$ ) в прыжке непосредственно после WBV по сравнению с условием имитации. Не выявлено существенного различия в показателях пиковой мощности при прыжках и пиковой силы во время изометрического приседа или ЭМГ мышц vastus medialis, vastus lateralis, или biceps femoris во время прыжков; или между изометрическим приседом с вибрацией и имитацией. WBV может быть разогревающим воздействием, которое увеличивает вертикальную высоту прыжка. Будущее исследование будет направлено на изучение разных протоколов WBV (длительность, амплитуда, частота) на атлетическое совершенство.

*Ключевые слова.* Электромиография, вертикальный прыжок, присед.

### **Введение**

Фокус этого исследования направлен на выявление острого действия WBV на атлетическое совершенство. Применение WBV как физического воздействия на организм рассмотрено ранее в обзоре (4). Долговременное исследование WBV показало, что WBV как тренинг эффективен в развитии силы и прыжка со сменой ног в течение 3–4 месяцев воздействия против стандартного тренинга отягощением (6, 15, 17, 22). Кроме того, острое воздействие WBV в течение 4–10 мин выявило транзиторное увеличение силы и высоты прыжка (CMJ) (1, 2, 21) и мышечной мощности (1, 2). Нейромышечная стимуляция как результат WBV может быть прекрасным источником изменений в атлетическом совершенстве. Тонический вибрационный рефлекс является ответом, возникающим вследствие вибрации, непосредственно приложенной к мышце или сухожилию (9, 19). Этот рефлекс характеризуется активацией мышечных веретен через Ia афференты (9, 16) и активацией экстрафузальных мышечных волокон через α-мотонейроны. Воздействие вибрации на предварительно напряженную мышцу вызывает сдвиг паттернов ЭМГ (10). Вибрация также стимулирует транзиторный выброс некоторых гормонов, таких как гормон роста (growth hormone) и IGF-I (2). Эти механизмы указывают на возможность использования WBV как разогревающего воздействия непосредственно до атлетической подготовки. Многие исследования изучали возможность использования WBV в качестве разогревающей процедуры до силовой и мощностной мышечной активности. Вибрация, как было показано, увеличивает уровни норадреналина (8) и показатели мышечной мощности при сгибании руки (1). Аналогичный эффект показан после воздействия WBV при выполнении сгибания ноги (1). Однако, некоторые исследования указывают на отсутствие острого эффекта вибрации (5, 7). Cochrane et al. (5) показали отсутствие эффекта вибрации на вертикальный прыжок, спринт или подвижность. Так, в последнем исследовании не изучали последствия вибрации через 2 дня (5). Вибрационное воздействие не применяли в одном и том же контексте, например, как в исследованиях (1, 8). de Ruiter et al. (7) измеряли данные непосредственно после вибрационного воздействия и не выявили эффекта вибрации на показатели максимальной изометрической экстензии коленного сустава или на скорость развития мышечной силы. Отсюда, по-видимому, следуют неоднозначные результаты последних исследований. В протоколах предыдущих исследований использовались разные частоты и амплитуды колебаний от 10–50 Hz и 0.1–10 см, соответственно, делая невозможным какую-либо интерпретацию данных. Гипотеза настоящего исследования исходит из того, что WBV может быть разогревающим воздействием до выполнения силовой и мощностной физической активности. Поскольку изменения в мышечной активности является

наиболее вероятным механизмом для возможного увеличения показателей вследствие WBV, то в работе измеряли ЭМГ.

## **Методы**

### **Экспериментальный подход к проблеме**

Испытуемые выполняли четыре тестовых сессии: прыжки—вибрация (CMJ-V), прыжки (CMJ)—имитация (CMJS), изометрический присед—вибрация (IS-V), и изометрический присед (IS)—имитация приседа (ISS). Сессии выполнялись рандомизировано, с перерывом 2 дня между сессиями. После разогрева на велоэргометре (5 мин) фоновые измерения выполнялись либо с CMJ или IS тестом в зависимости от экспериментальной сессии. По крайней мере 2 испытания были проведены для того, чтобы установить точный фон; дополнительные испытания назначались в том случае, если испытания не были в пределах 5% одно от другого. Адекватный отдых (3 мин) был необходим между каждой нагрузкой. По прошествии 5 мин, участники выполняли 30 сек WBV или имитацию непосредственно до CMJ или IS. Качество CMJ и IS измеряли каждый раз 5, 15 и 30 мин после WBV или имитации.

**FIGURE 1. Изменение изометрической пиковой силы при приседе после вибрации и имитационного стимула; выражены как процент от исходных уровней.**

### **Субъекты**

В исследовании приняло участие 9 мужчин в возрасте 19- 23 (рост: 176.4  $\pm$  7.8 см; вес: 80.0  $\pm$  11.2 кг; процентное содержание жира: 12.35  $\pm$  4.5%; изометрический присед [IS], пиковая сила [PF]: 1,815.61  $\pm$  415.81 N). Субъекты имели опыт резистивного тренинга и выполняли некоторый тип рекреационной спортивной активности. Добровольцы были ознакомлены с потенциальными рисками, написали согласие в соответствии с требованием Institutional Review Board at Appalachian State University.

### **Вибрация всего тела**

Для вибрационного воздействия применяли Power Plate (Power Plate North America Inc., Northbrook, IL). Cardinale и Lim (3) отмечали, что EMG сигнал от мышц vastus lateralis имеет максимальную величину при частоте 30 Hz; поэтому частота WBV в настоящем исследовании была 30 Hz. «Peak-to-peak» амплитуды платформы была 2.5 мм и эта величина стимула применялась в других исследованиях (10–12). Нагрузка выполнялась в виде позиции полуприседа с индивидуальной постановкой стоп ног и углом коленных суставов (1008), сохраняемых на одном уровне во время 30 секундного упражнения. Имитация представляла собой следующее: субъекты вставали на вибрационную платформу в ту же позицию без вибрации платформы во время упражнения.

### **Изометрический присед**

Изометрический присед субъекты выполняли, стоя на силовой платформе (BP6001200, AMTI, Watertown, MA) в фиксированном положении коленных суставов под углом 1008 (20), выполняя максимальное изометрическое сокращение в течение 3 секунд. Каждый субъект выполнял упражнение в индивидуальном режиме положения ног во время сессий. Кривая силы-времени регистрировали с помощью BNC adapter chassis (BNC-2090, National Instruments, Austin, TX) и A/D card (NI PCI-6014, National Instruments). LabVIEW (Version 7.1, National Instruments) применяли для анализа регистрируемых данных. Рассчитывали кривую силы-времени пиковой силы 3-х секундного сокращения и среднюю скорость развития силы за первые 400 мс.

### **Сменные прыжки**

Участники исследования выполняли сменные прыжки (CMJ) в положении стоя на переносной платформе (Quattro Jump Portable Force Plate 9290AD, Kistler Instruments Corp., Amherst, NY) с положением рук на бедрах. После инструкции субъекты начинали выполнять прыжок, меняя ноги и визуально удерживая угол в коленных суставах примерно 1008. Участники были проинструктированы удерживать руки в одном положении во время прыжков и совершать максимально высокие прыжки. Переменные данные, которые анализировали во время CMJ, включали пиковую мощность (peak power, PP) и высоту прыжка по Sayers et al. (18). Данные для тестирования прыжков в этой лаборатории были опубликованы McBride et al. (13).

### **Электромиография**

ЭМГ мышц vastus lateralis, vastus medialis и biceps femoris muscles отводили при 1,000 Hz, используя телеметрический передатчик (8-channel, 12-bit analog to digital converter; Noraxon USA Inc., Scottsdale, AZ). Поверхностный электрод (Noraxon USA) с 2-см межэлектродным расстоянием и 1 см полем регистрации располагали на коже в проекции исследуемой мышцы, дистальнее двигательной точки и параллельно направлению мышечных волокон. Точное положение электрода определяли во время первой тестовой сессии, которое воспроизводили с точностью в последующих тестах. Усиленный миоэлектрический сигнал регистрировали во время каждого CMJ, и выполнения IS в течение первых и последних 5 сек вибрации или имитации упражнения. Посредством переносного усилителя (Telemetry 900, Noraxon USA; gain 5 2,000, сопротивление дифференциального входа 5 10 MV, частота записи 10–500 Hz, common mode rejection ratio 5 85 dB) и затем сигнал подавали на плату A/D card (KPCMCIA-12AI-C, Keithley, Cleveland, OH) и анализировали с помощью MyoResearch software (Version 4.0; Noraxon

USA). Сигнал выпрямляли и фильтровали (6-pole Butterworth, notch filter 60 Hz, band-pass filter 10–200 Hz). Интегральную величину ( $mV \cdot s^{21}$ ) рассчитывали и затем усредняли после 3-секундного изометрического сокращения, эксцентрической-концентрической фазы СМЖ, или регистрировали 5-секундное воздействие вибрация /имитация ( $mV$ ; интегрированная электромиограмма [IEMG]).

#### **Статистический анализ**

Линейная модель анализа измерений вариант применялась для анализа. Критерий alpha-уровня был принят при  $p \neq 0.05$ . Все статистические анализы выполнены с помощью статпакета (SPSS, Version 11.0; SPSS Inc., Chicago, IL).

#### **Результаты**

Пиковая сила (PF) во время изометрического приседа слегка уменьшалась относительно фона после WBV и имитации (Figure 1; Table 1). Хотя не значительно, но пиковая сила уменьшалась непосредственно, через 5 мин и 15 мин после WBV. Аналогичный паттерн наблюдали дл JH and PP (Figures 2 and 3; Table 1). Далее, значимое различие ( $p < 0.05$ ) между воздействиями было отмечено при JH относительно фона непосредственно после тренинга: субъекты прыгали выше после WBV по сравнению с имитацией. Не было различия в ЭМГ во всех тестах. (Tables 2 and 3).

**FIGURE 2.** Изменение при прыжке в высоту (СМЖ) вследствие WBV и имитации, выраженное в процентах относительно фоновых величин. \* Значимое различие ( $p < 0.05$ ) между вибрацией и имитацией.

**FIGURE 3.** Изменение пиковой силы при прыжке (СМЖ) вследствие WBV и имитации, выраженное как процент от базовых величин.

#### **Обсуждение**

Наиболее значимый факт настоящего исследования – это то, что WBV ведет к увеличению высоты вертикального прыжка по сравнению с условием опыта «имитация». Тем не менее, других показателей не было выявлено (т.е. пиковая сила изометрического сокращения, СМЖ PP). Не было также различий в ЭМГ во время IS или СМЖ. ЭМГ во время WBV и имитации была сходной. Изменение мышечной активности при WBV было отмечено в двух работах (2, 10). Как было ранее установлено, тонический вибрационный рефлекс может быть физиологическим механизмом, с помощью которого мышечная активность изменяется во время вибрации (9, 19). Те не менее, в настоящем исследовании не наблюдали статистически значимого изменения ЭМГ. Возможно, что изменения в других физиологических параметрах, которые не были измерены, таких как высвобождение гормонов, отражают действие WBV. Острое увеличение уровней норадреналина, например, в ответ на WBV, было показано (8), и это могло быть иницирующим фактором в настоящем исследовании. Высота вертикального прыжка (СМЖ) в данном исследовании слегка возрастала и была статистически различима от такового непосредственно после имитации. Это противоречит результатам, полученным Rittweger et al. (14), которые сообщили о значительном снижении вертикального прыжка примерно на 9,1% после WBV. Однако следует отметить, что вибрация применялась этими авторами в условиях произвольно вызванного мышечного истощения субъектов. Кроме того, Rittweger et al. (14) сообщили, что у некоторых испытуемых высота прыжка действительно возрастала. Bosco et al. (2) сообщили увеличение высоты прыжка после вибрации, не сопровождающейся мышечным утомлением. Протокол этого исследования был идентичен протоколу настоящего исследования. Исследование этих авторов было основано на 10-ти 60-секундных упражнениях WBV с отдыхом между упражнениями 60 секунд: при этом высота прыжка увеличивалась на 3,9%. В нашей работе применялось только одно 30-секундное воздействие WBV. Показатель прыжка возрастал в нашем исследовании только на 0,7%. Torvinen et al. (21), использовали одно WBV воздействие в течение 4 мин, и наблюдали увеличение высоты прыжка примерно на 2,2%. Таким образом, может быть имеется идеальная парадигма доза-ответ, при которой некоторое количество вибрации может привести к увеличению показателей (данное исследование: 1 воздействие 30 сек, 0,7% роста JH; Torvinen et al. [21]: 1 воздействие 4 мин, 2,2% роста JH; Bosco et al. [2]: 10 воздействий по 60 сек, 3,9% роста JH; Rittweger et al. [14]: 1 воздействие до произвольного мышечного истощения, 9,1% снижения величины JH).

В заключении, можно сказать, что WBV может использоваться как процедура разогрева мышц для увеличения вертикального прыжка. Тем не менее, оптимальная величина вибрации остается не ясной. Данные этого исследования получены при специфическом режиме вибрации (частота 30 Hz; амплитуда 2,5 мм). По-видимому, вибрация оказывает потенцирующий эффект на высоту прыжка (JH) и может, тем не менее, вызвать нейро-мышечное утомление. Точный механизм эффекта вибрации на высоту вертикального прыжка нужно исследовать, поскольку изменения мышечной активности (ЭМГ) не выявлены в настоящей работе.

#### **Практические применения**

Применение WBV в качестве приема разогревания (разминка) могут взять на заметку тренеры, особенно в области силовой и специальной практики. Тем не менее, пока не все ясно, а точный протокол

для практического применения не совсем понятен, как и точная природа возможной пользы вибрации в прилегающих областях физической культуры.

## REFERENCES

1. BOSCO, C., R. COLLI, E. INTROINI, M. CARDINALE, O. TSARPELA, A. MADELLA, J. TIHANYI, AND A. VIRU. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin. Physiol.* 19: 183–187. 1999.
2. BOSCO, C., M. IACOVELLI, O. TSARPELA, M. CARDINALE, M. BONIFAZI, J. TIHANYI, M. VIRU, A. DE LORENZO, AND A. VIRU. Hormonal responses to whole body vibration in men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81:449–454. 2000.
3. CARDINALE, M., AND J. LIM. Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *J. Strength Cond. Res.* 17:621–624. 2003.
4. CARDINALE, M., AND M.H. POPE. The effects of whole body vibration on humans: Dangerous or advantageous? *Acta. Physiol. Hung.* 90:195–206. 2003.
5. COCHRANE, D.J., S.J. LEGG, AND M.J. HOOKER. The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. *J. Strength Cond. Res.* 18:828–832. 2004.
6. DELECLUSE, C., M. ROELANTS, AND S. VERSCHUEREN. Strength increases after whole-body vibration compared with resistance training. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 35:1033–1041. 2003.
7. DE RUITER, C.J., R.M. VAN DER LINDEN, M.J. VAN DER ZIJDEN, A.P. HOLLANDER, AND A. DE HAAN. Short-term effects of wholebody vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 88:472–475. 2003.
8. DI LORETO, C., A. RANCHELLI, P. LUCIDI, G. MURDOLO, N. PARLANTI, A. DE CICCO, O. TSARPELA, G. ANNINO, C. BOSCO, F. SANTEUSANIO, G.B. BOLLI, AND P. DE FEO. Effects of wholebody vibration exercise on the endocrine system of healthy men. *J. Endocrinol. Invest.* 27:323–327. 2004.
9. HAGBARTH, K., AND G. EKLUNG. Motor effects of vibratory stimuli. In: *Muscular Afferents and Motor Control. Proceedings of First Symposium*. R. Granit, ed. Stockholm: Almqvist and Wiksell. 1985. pp. 177–186.
10. ISSURIN, V.B., D.G. LIEBERMANN, AND G. TENENBAUM. Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J. Sports Sci.* 12:561–566. 1994.
11. ISSURIN, V.B., AND G. TENENBAUM. Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *J. Sports Sci.* 17:177–182. 1999.
12. MCBRIDE, J.M., J.P. PORCARI, AND M.D. SCHEUNKE. Effect of vibration during fatiguing resistance exercise on subsequent muscle activity during maximal voluntary isometric contractions. *J. Strength Cond. Res.* 18:777–781. 2004.
13. MCBRIDE, J.M., T. TRIPLETT-MCBRIDE, A. DAVIE, AND R.U. NEWTON. The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J. Strength Cond. Res.* 16:75–82. 2002.
14. RITTWEGER, J., G. BELLER, AND D. FELSENBURG. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin. Physiol.* 20:134–142. 2000.
15. ROELANTS, M., C. DELECLUSE, M. GORIS, AND S. VERSCHUEREN. Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Int. J. Sports Med.* 25:1–5. 2004.
16. ROLL, J.P., J.P. VEDEL, AND E. RIBOT. Alteration of proprioceptive messages induced by tendon vibration in man: A microneurographic study. *Exp. Brain. Res.* 76:213–222. 1989.
17. RONNESTAD, B.R. Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. *J. Strength Cond. Res.* 18:839–845. 2004.
18. SAYERS, S.P., D.V. HARACKIEWICZ, E.A. HARMAN, P.N. FRYKMAN, AND M.T. ROSENSTEIN. Cross-validation of three jump power equations. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:572–577. 1999.
19. SEIDEL, H. Myoelectric reactions to ultra-low frequency and low-frequency whole body vibration. *Eur. J. App. Physiol.* 37: 111–121. 1988.
20. STONE, M.H., K. SANBORN, H.S. O'BRYANT, M. HARTMAN, M.E. STONE, C. PROULX, B. WARD, AND J. HRUBY. Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. *J. Strength Cond. Res.* 17:739–745. 2003.
21. TORVINEN, S., P. KANNUS, H. SIEVANEN, T.A.H. JAVINEN, M. PASANEN, S. KONTULAINEN, T.L.N. JARVINEN, M. JARVINEN, P. OJA, AND I. VUORI. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clin. Physiol. Funct. Imaging* 22:145–152. 2002.
22. TORVINEN, S., P. KANNUS, H. SIEVANEN, T.A.H. JAVINEN, M. PASANEN, S. KONTULAINEN, T.L.N. JARVINEN, M. JARVINEN, P. OJA, AND I. VUORI. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:1523–1528. 2002.

Address correspondence to Dr. Jeffrey M. McBride,  
mcbrijem@appstate.edu.