

運動後の筋の回復に対する全身振動刺激の潜在的有効性

Potential Beneficial Effects of Whole-Body Vibration for Muscle Recovery After Exercise

Angela C. Kosar Darren G. Candow Jessica T. Putland

Faculty of Kinesiology and Health Studies, Aging Muscle and Bone Health Laboratory, University of Regina, Regina, Saskatchewan, Canada

【キーワード】 運動誘発性筋損傷: exercise-induced muscle damage、遅発性筋痛: delayed onset muscle soreness、全身伸張性: whole eccentric、アスリート: athletes

全身振動刺激は、筋の回復を潜在的に早める新たな方法であり、アスリートや運動をしている人々によって利用されている。振動刺激は、運動単位の動員や共同筋の同期化を増大させる不随意の筋の伸張反射収縮を引き起こし、長期間行なうとより大きなトレーニングの適応を引き起こす。特に伸張性筋収縮などの激しい運動やトレーニングは高い確率で筋損傷や遅発性筋痛を引き起こし、計画したトレーニングプログラムの実施を妨げる。運動前後の全身振動刺激は、筋痛を軽減する可能性があり、筋の回復を促進させる伝統的な治療法(例、マッサージ、寒冷療法)の補助として役立つと考えられる。

筋痛

原発性もしくは続発性の筋線維鞘における分裂、筋細管系の膨張もしくは分裂、筋原線維の収縮要素における変形、細胞骨格の損傷、および細胞外基質の異常などが、高強度の運動トレーニング後に典型的に生じる骨格筋構造の変化として挙げられる。高強度の運動やトレーニングによる機械的な刺激が、一連の細胞における過程(例: 筋タンパクの代謝回転、炎症反応)を引き起こし、筋痛や筋の不快感が増大する。運動やトレーニングによる骨格筋の分裂は運動誘発性筋損傷(EIMD)として知られている(39)。EIMDは、トレーニングプログラムの初期段階、およびトレーニングの原則である過負荷、バリエーション、ピリオダイゼーションもしくはトレーニング量の増大(頻度、時間)などにより一般的に生じる(39)。EIMDの兆候として、筋や関節の硬直、急性の炎症反応および腫れ、筋の力発揮能力の低下、および遅発性筋痛(DOMS)が挙げられる(12,39)。EIMDは、骨格筋のトロポニンI、ミオグロビン、およびミオシン重鎖の濃度を評

価することで定量化することができる(12,40)が、血清クレアチンキナーゼ濃度(CK)による評価がより一般的である(4)。一般的に、高強度な筋収縮後におけるCKの増大は筋線維の損傷を示す(2)。特に伸張性筋収縮を含む運動中に、通常の筋の結合パターンもしくは筋線維配列に変形が生じ、その結果としてCKがリンパ系に放出され、最終的に血流に入る(12)。

トレーニング中のEIMDの説明に役立つ2つの中心的な理論がある。機械的ストレスモデルはEIMDの主要因であると理論立てられており(12)、伸張性筋収縮および筋収縮中の強制的な筋の伸長がその特徴である(21)。高強度の伸張性筋収縮はZ線や筋節構造を引き延ばすか破壊し(11,21)、より大きなEIMDの原因となる。高強度の伸張性筋収縮によって50～65%力発揮能力が低下し(12)、カルシウム依存性中性プロテアーゼ(21)、リソソームプロテアーゼ(21)、および主な炎症の調節の役割をするプロスタグランジンE₂(PGE-2)の増大によって引き起こされる顕著な筋痛が生じる。伸張性筋収縮

は、短縮性筋収縮もしくは等尺性筋収縮と比較して、おそらく筋線維当たりにより大きな機械的なストレスがかかるため(39)、筋線維当たりでより高い筋力発揮が可能であること(39)、また、このことにより大きな筋肥大が可能であること(19)が明らかにされている。もうひとつの理論である代謝的ストレス理論においては、EIMDは活動筋内の代謝の欠乏によって引き起こされると考えられ、これにより筋が機械的および酸化的ストレスの影響を受けやすくなる(12,39)。特に、 Ca^{2+} 輸送ATPアーゼの機能低下が代謝的ストレス理論に明確にかかわっている(39)。 Ca^{2+} 輸送ATPアーゼの活動低下は、細胞質ゾルからの Ca^{2+} の除去に支障をきたし、その結果としてトレーニング期間中に筋線維の変性が生じる。

DOMSはI型の筋挫傷として分類され(11,24)、筋のうずきや痛み、違和感および炎症が原因となって(2,4,11)、アスリートや運動をしている人々が予定外にトレーニングプログラムを変更することに繋がる(36)。遅発性筋痛は一般的に骨格筋の遠位部に集中し、運動の24～48時間後にそのピークを迎える(4,11,12)。局所的な筋痛は、構造的に筋腱間の接合組織に痛みの受容器がより集中しているためである(11)。筋腱接合部は、広範囲にわたって折り畳まれ、骨格筋細胞に組み込まれた膜組織である。筋腱接合部の直近が斜めの配列になっている筋は高強度の機械的刺激に耐える筋の機能を低下させ(11)、微細な損傷や炎症の原因に繋がる(12)。PGE-2といった炎症の信号となる化合物は亢進し、PGE-2が哺乳類ラパマイシン標的タンパク質(mTOR)経路の刺激を減少させるため(23)、運動後の筋タンパク合成反応を鈍らせる(16)。続いて、PGE-2の合成を亢進させる炎症反応を促進するサイトカインインターロイキン6、腫瘍壊死因子 α 、

およびC反応性タンパクのレベルが増大し、炎症が悪化する(22,32,33)。サイトカインは、筋の分裂している部分を標的とし、損傷組織への炎症性細胞の流入を促進もしくは遅らせる媒介役を務める(12)。相当な筋損傷になるような運動後に、急性期反応として知られている損傷した組織の修復と再生を行なう組織化された回復反応が引き起こされる(17)。EIMDやDOMSによって筋機能が低下するため、筋の回復を促進させ、筋損傷を最小限に留めることが運動トレーニングの継続のためには重要である。近年の研究では、振動刺激は運動トレーニングと関係する筋痛を軽減する可能性のある手法として考えられている。

全身振動刺激の基礎

振動とは、一定時間繰り返される運動である(35)。自由振動は、ある機構が外力から独立してそれ自体で進む(例：振り子)時に生じる。一方、強制振動は、ある機構が外力(大抵、繰り返す種類の力)を受けた時に生じる(35)。振動は決定性もしくはランダムであり、周波数と振幅によって特徴づけられる。周波数は単位時間当たり(一般的に秒当たり)の繰り返した数であり、通常はヘルツで測定される(8,30)。振幅は周期的振動の最大と最小値の間である(30)。1ヘルツは1秒当たり1サイクルを示す(43)。ゆえに、30 Hzの振動刺激を受けた際には、標的とした筋は1秒間当たり30サイクルの振動刺激を受けることになり、同期間に筋は収縮と弛緩が30回行なわれる。筋を最も効果的に活動させるために、振動刺激周波数は、30～50 Hzの範囲内にすべきである(30)。期待する効果に対応して、異なる周波数が必要となる。回復期の進捗と期間は、多くの要因(例：年齢、筋量、筋線維タイプ、受けた疲労レベル、トレーニングの年数、振動刺激トレーニングの経

験)によって決定される(13)。日常生活において、ヒトは多くの異なる型の振動を受けている。毎日、ボート、車、自転車、飛行機、ヘリコプター、および電車といった移動するための乗り物が、ヒトの身体に振動を与える(31)。楽器でさえも音波を通して振動を引き起こす(35)。多くのスポーツ活動もまた高いレベルの振動を引き起こす。アルペンスキー、オフロードサイクリング、サーフィン、インラインスケート、乗馬、および単純なランニングやジャンプといったスポーツ活動は振動運動を作り出し、振動効果の原因となる(31)。

全身振動刺激は、垂直および水平の振動を作り出すために旋回する両方の支点から生じる低～中頻度の多次元の機械的振動を用いる神経筋トレーニング法であり、緊張性振動反射(TVR)を引き起こす(1,25,44)。機械的刺激の強度の影響を受けるバイオメカニクスの指標は、主に振動の周波数と振幅によって決定され、加えて1分間当たりのたわみの数によっても影響を受ける(10)。周波数は15～44 Hzの範囲、振幅は3～10 mmの範囲、および重量荷重に関しては3.5～15 gの範囲で研究調査が進んでいる(10)。全身振動刺激(WBV)によって引き起こされる生理学的変化は、レジスタンストレーニングの数週間後のものと同じであると考えられている(5)。WBVに対する反応の大きさを規定する主な変数としては、(a)振動方向(例：垂直方向など)、(b)振動の振幅(ミリメートル)、(c)振動周波数(ヘルツ)、(d)振動加速度(重力単位、 $1.0\text{ g}=9.81\text{ m/s}^2$)、および(e)振動する台に対する身体の位置が含まれる。

WBVトレーニングにおいては、静的もしくは動的の運動をしながら、様々な周波数で振動する台の上で立ったり、座ったり、寝たりする(42)。振動刺激は身体の部位に与えることが可

能で、TVRによる不随意の反射性筋収縮を引き起こす(6,9)。振動刺激中、TVRは絶えず活動し、おそらくより多くの運動ニューロンが活動(7)もしくは動員されること(44)、および共同筋の同期的活動が増大する(6,10,40)ため、複合的な筋収縮を引き起こす(42)。WBVは、神経筋系に対して重力による荷重の量を増やすと考えられ(5,10)、その結果として筋断面積や力産生能の増大を引き起こす(14,20)。

回復様式としての全身振動刺激

マッサージや冷却療法、ストレッチング、および超音波といった回復様式がDOMSの症状を軽減することについては、一貫した証明がされていない(11,28,36)。この数年間、WBVは、トレーニング後に筋の回復を早める可能性のある介入方法として考えられてきた(2,4,28,36)。WBVは、筋紡錘の活動や筋の発火前における活動レベル(例：発火閾値の低下)を高め、その結果として、筋の予備緊張が増大し、また興奮収縮連関の途切れが少なくなる(2,4,28)。理論上、発火前の筋活動増大に伴って、より多くの運動単位および筋線維が動員されることが可能となる。そのために繰り返される筋収縮中における筋線維へのストレスが軽減され、回復が早まることに繋がる(6)。例えば、伸張性運動(6回の最大筋収縮を10セット)の30分後に振動刺激(6分間、65 Hz)を片側の肢のみに与えてその効果を検証するクロスオーバー試験を用いて、Lau&Nosaka(28)は対照側の肢に比べて、振動刺激を与えた肢において筋痛(18～30%)が有意に低下することを明らかにした。血清CK活性は両方の肢でそれぞれ運動後に約60%増大したが、4日後にはCK活性は振動刺激を与えた肢においてより早く低下していた。潜在的に、振動刺激療法は筋線維内の感覚受容器からの求心性入力の活動に影響し、運

動に関連する痛み感覚を軽減する、もしくはリンパ系の流れを増大させ、代謝廃棄物(H⁺)を除去するかもしれない(28)。さらに、継続的な運動をしていない成人(15名)が10回の最大努力による等速性の膝伸展運動(60°/s)の前にWBV(35 Hz)の台上でハーフスクワットの姿勢を静的に60秒間維持した際には、運動前にWBVをしなかった被験者に比べて筋損傷(例：CK)や筋痛の低下が認められた(2)。対照群では運動の24時間後におけるCKは46%高く、その値は7日間高いままであった。対照群の被験者は運動後数日間において筋痛の程度も大きかった。この論文の著者らは、運動前にWBVを行なうと遅延性筋痛の動員が増加して、筋収縮の刺激がより多くの筋線維(例：速筋線維および中間筋線維)に広がり、その結果として筋損傷が軽減されると推察している(2)。Rheaら(36)は、DOMSに対するWBV(35 Hz)の効果の可能性について調査し、普段トレーニングを行っていない若年成人が伸張性筋収縮によるレジスタンストレーニング(8～10回を4セット：スクワット、レッグエクステンション、レッグカール、カーフレイズ、およびデッドリフト)およびスプリント運動(10回の全力の40ヤード[約36.5m]走)の直後にWBV(腓腹筋、大腿二頭筋および大腿四頭筋における90秒間の静的ストレッチング)を行なった際に、WBVなしで同じストレッチングのみをした被験者に比べて筋痛の有意な低下(視覚的アナログ尺度で22～61%)が運動後72時間まで生じたことを明らかにした。これらの結果は、WBVはおそらく骨格筋の血流を刺激し(29)、代謝廃棄物の除去を高める(15)か、痛みの感覚受容器を抑制する(36)ことで高強度の運動トレーニング後の筋痛を軽減する有効な介入手段であることを示唆している。最後にBakhtiaryら(4)は、若年成人において下り坂歩

行(10°の下り坂勾配のトレッドミルにて4km/hで30分間)の前の下肢に対する振動刺激療法の効果を評価し、WBVをしなかった被験者と比較して、WBVは運動後の筋痛および血清CKを有意に低下させることを報告した。対照的に、9名の普段からよくトレーニングをしている男性ランナーにWBV(12 Hzで15分間を2回)を高強度のインターバルトレーニング(3km走および400m走を8本)後に行なったが、運動パフォーマンスや筋損傷には効果がみられなかった。この論文の著者らは、用いたヘルツ(12 Hz)が低く、有意な結果を得るためには不十分であった可能性を示唆している(15)。Bullockら(8)は、おそらくトレーニングによって体力レベルが高いこと、および神経筋の適応が起きていることより、30 Hz以下の周波数および4mmの振幅では鍛錬されたアスリートには有意な効果を得るためにはあまりに小さいと示唆している。例えば、よく鍛錬されたアスリートや運動をしている人には高い筋力、運動ニューロンの興奮性、反射の感度、および速筋線維の動員がある。そのため、運動をしていない人に比べてWBVの効果が少なくなる(2)。膝伸展による最大筋力発揮の際には1秒間当たり50～60回のインパルスが発せられるように、Rønnestad(38)はトレーニングされた人に対する最適な周波数は50 Hzであると示唆している。50 Hzの振動周波数は、おそらく1秒間当たり50回のインパルスの割合で筋紡錘を発火させ、低い周波数と比較して運動ニューロンプールへの興奮性の刺激を増大させる(38)。しかしながら、50 Hzならびに4～6mmの振幅は、トレーニングをしていない人に対しては強すぎる刺激である(27)。

様々なトレーニングの様式と同様に、トレーニングの頻度、量および強度に漸進的なオーバーロードの原理を

考慮しなければならない(3)。Lamontら(27)は、高い周波数と振幅にする前に、低い周波数と振幅から振動刺激を始めることがより実用的であると提案している。段階的に振動刺激強度を増大することが、徐々に神経筋や骨格筋、および運動パフォーマンスにおいて大きな効果を得ることに繋がる(18,27)。

全身振動刺激の安全性

WBVの肯定的な面や将来性に関する研究は多いが、振動の安全性に関する研究は限られている。多くの研究で審査された除外基準には、腎臓もしくは膀胱結石、不整脈、妊娠、てんかん、発作、がん、ペースメーカー、未治療の起立性低血圧症、直近の移植(例：関節、角膜、もしくは内耳の蝸牛)、直近の手術、直近の留置した子宮内避妊器具、急性血栓症もしくはヘルニア、急性関節リウマチ、重篤な心疾患、重度の糖尿病、もしくは片頭痛が含まれる(41)。脊髄損傷の患者に対するWBVと受動的立位の効果を研究した臨床試験では、痛み、足の褥瘡^{じよくそう}、自律神経反射異常、めまいといった逆効果が報告され、受動的立位による介入に主な原因があると考えられている(41)。WBVは、長期的にみると内耳の障害、めまい、頭痛、下肢の痙性、骨折(特に重度の骨粗鬆症患者で)、もしくは金属部品の損傷(手術による金属板やねじ)を引き起こす可能性がある(41)。

振動による身体への悪影響の大多数は職業環境で生じる(26)。職業的な振動は、電動工具もしくは重機から発生され、その周波数は80～100 Hzの範囲である(29)。長期間の職業的な振動は、末梢神経、血管、関節、および感覚機能に悪影響を与えることが明らかになっている(26,41)。職業的な振動による健康への危険の可能性があるため、国際標準化機構は職業的な振動への曝露を制限するガイドラインを作っ

た(37)。職業的な振動の周波数と振幅は、運動トレーニングの方法として用いるWBVのものとは異なる(26,41)。全体的にみて、WBVへの曝露の結果として、悪影響もしくは重大な副作用に関する記述や報告はほとんどない。発表された文献の中で、身体もしくは神経系に障害のある人に対して低振幅で高周波数のWBVを用いたいくつかの研究では、有害反応が生じなかったことが報告されている(41)。しかしながら、特に頭部や胸部の軟部組織や器官に対しては、衝撃や振動は潜在的には有害であることを留意するべきである(37)。

現場への応用

運動やトレーニング後の筋痛は、アスリートや運動を行なっている人のトレーニングの状況を危うくすることになるかもしれない。従来の治療法に加えて、WBVは筋痛の症状を軽減できる可能性を示している。このことによりアスリートはより頻繁に運動することが可能となり、その結果としてスポーツのパフォーマンスを安定して高めることに繋がる。運動前・後もしくは両方、特に伸張性筋収縮後の振動療法は有益であることが根拠として示されているが、その活用のタイミングに関してはほとんど知られていない。今後は、筋生物学の指標として、振動療法のタイミングの違いによる効果(例：運動前と運動後)を研究するべきである。さらには、骨生物学における振動療法の長期的な活用についても考慮するべきである。◆

References

1. Abercromby, A, Amonette, W, Layne, C, McFarlin, B, Hinman, M, and Paloski, W. Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1794–1800, 2007.
2. Aminian-Far, A, Hadian, M, Olyaei, G,

- Talebian, S, and Bakhtiary, AH. Whole-body vibration and the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. *J Athl Train* 46: 43–49, 2011.
3. Baechle, TR and Earle, RW. *Essentials of Strength Training and Conditioning* (3rd ed.). Windsor, ON: Human Kinetics, 2008.
4. Bakhtiary, AH, Safavi-Farokhi, Z, and Aminian-Far, A. Influence of vibration on delayed onset muscle soreness following eccentric exercise. *Br J Sports Med* 41: 145–148, 2007.
5. Bosco, C, Cardinale, M, and Tsarpela, O. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol* 79: 306–311, 1999.
6. Bosco, C, Colli, R, Introini, E, Cardinale, M, Tsarpela, O, Madella, A, Tihanyi, J, and Viru, A. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol* 19: 183–187, 1999.
7. Bosco, C, Iacovelli, M, Tsarpela, O, Cardinale, M, Bonifazi, M, Tihanyi, J, Viru, M, De Lorenzo, A, and Viru, A. Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol* 81: 449–454, 2000.
8. Bullock, N, Martin, DT, Ross, A, Rosemond, CD, Jordan, MJ, and Marino, F. Acute effect of whole-body vibration on sprint jumping performance in elite skeleton athletes. *J Strength Cond Res* 22: 1371–1374, 2008.
9. Burke, D, Hagbarth, KE, Lofstedt, L, and Wallin, BG. The responses of human muscle spindle endings to vibration during an isometric contraction. *J Physiol* 261: 695–711, 1976.
10. Cardinale, M and Bosco, C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev* 31: 3–7, 2003.
11. Cheung, K, Hume, PA, and Maxwell, L. Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sports Med* 33: 145–164, 2003.
12. Clarkson, PM and Hubal, MJ. Exercise induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil* 81: S52–S69, 2002.
13. Da Silva-Grigoletto, ME, Vaamonde, DM, Castillo, E, Poblador, MS, García-Manso, JM, and Lancha, JL. Acute and cumulative effects of different times of recovery from whole body vibration exposure on muscle performance. *J Strength Cond Res* 23: 2073–2082, 2009.
14. Duchateau, J and Enoka, RM. Neural adaptations with chronic activity patterns in able-bodied humans. *Am J Phys Med Rehabil* 81: S17–S27, 2002.

15. Edge, J, Mündel, T, Weir, K, and Cochrane, DJ. The effects of acute whole body vibration as a recovery modality following high-intensity interval training in well-trained, middle aged runners. *Eur J Appl Physiol* 105: 421–428, 2009.
16. Evans, WJ. Skeletal muscle loss: Cachexia, sarcopenia, and inactivity. *Am J Clin Nutr* 91: 1123S–1127S, 2010.
17. Evans, WJ and Cannon, JG. The metabolic effects of exercise-induced muscle damage. *Exerc Sport Sci Rev* 19: 99–126, 1991.
18. Fagnani, F, Giombini, A, Di Cesare, A, Pigozzi, F, and Di Salvo, V. The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes. *Am J Phys Med Rehabil* 85: 956–962, 2006.
19. Farthing, JP and Chilibeck, PD. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol* 89: 578–586, 2003.
20. Fitts, RH, Riley, DR, and Widrick, JJ. Functional and structural adaptations of skeletal muscle to microgravity. *J Exp Biol* 204: 3201–3208, 2001.
21. Fridén, J and Lieber, RL. Structural and mechanical basis of exercise induced muscle injury. *Med Sci Sports Exerc* 24: 521–530, 1991.
22. Gokhale, R, Chandrashekara, S, and Vasanthakumar, KC. Cytokine response to strenuous exercise in athletes and non-athletes—An adaptive response. *Cytokine* 40: 123–127, 2007.
23. Greig, CA, Atherton, PJ, and Rennie, MJ. Can an NSAID a day keep muscle wasting away? *J Physiol* 15: 5799–5800, 2009.
24. Gulick, DT and Kimura, IF. Delayed onset of muscle soreness: What is it and how do we treat it? *J Sport Rehabil* 5: 234–243, 1996.
25. Hazell, TJ, Kenno, KA, and Jakobi, JM. Evaluation of muscle activity for loaded and unloaded dynamic squats during vertical whole-body vibration. *J Strength Cond Res* 24: 1860–1865, 2010.
26. Jordan, MJ, Norris, SR, Smith, DJ, and Herzog, W. Vibration training: An overview of the area, training consequences, and future considerations. *J Strength Cond Res* 19: 459–466, 2005.
27. Lamont, HS, Cramer, JT, Bemben, DA, Shehab, RL, Anderson, MA, and Bemben, MG. Effects of a 6-week periodized squat training program with or without whole-body vibration on jump height and power output following acute vibration exposure. *J Strength Cond Res* 23: 2317–2325, 2009.
28. Lau, WY and Nosaka, K. Effect of vibration treatment on symptoms associated with eccentric exercise-induced muscle damage. *Am J Phys Med Rehabil* 90: 648–657, 2011.
29. Lohman, EB, Petrofsky, JS, Maloney-Hinds, C, Betts-Schwab, H, and Thorpe, D. The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects. *Med Sci Monit* 13: CR71–CR76, 2007.
30. Luo, J, McNamara, B, and Moran, K. The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med* 35: 23–41, 2005.
31. Mester, J, Spitzenfeil, P, Schwarzer, J, and Seifriz, F. Biological reaction to vibration—Implications for sport. *J Sci Med Sport* 2: 211–226, 1999.
32. Pedersen, BK. Exercise and cytokines. *Immunol Cell Biol* 78: 532–535, 2000.
33. Pedersen, BK, Steensberg, A, Fischer, C, Keller, C, Keller, P, Plomgaard, P, Wolsk-Petersen, E, and Febbraio, M. The metabolic role of IL-6 produced during exercise: Is IL-6 an exercise factor? *Proc Nutr Soc* 63: 263–267, 2004.
34. Rainsford, KD. Ibuprofen: Pharmacology, efficacy and safety. *Inflammopharmacology*. 17: 275–342, 2009.
35. Rao, SS. *Mechanical Vibrations* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc., 2004.
36. Rhea, MR, Bunker, D, Marín, PJ, and Lunt, K. Effect of iTonic whole-body vibration on delayed-onset muscle soreness among untrained individuals. *J Strength Cond Res* 23: 1677–1682, 2009.
37. Rittweger, J. Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential may be. *Eur J Appl Physiol* 108: 877–904, 2010.
38. Rønnestad, BR. Acute effects of various whole-body vibration frequencies on lower body power in trained and untrained subjects. *J Strength Cond Res* 23: 1309–1315, 2009.
39. Tee, JC, Bosch, AN, and Lambert, MI. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. *Sports Med* 37: 827–836, 2007.
40. Torvinen, S, Kannus, P, Sievanen, H, Harvinen, TA, Pasanen, M, Kontulainen, S, Järvinen, TL, Järvinen, M, Oja, P, and Vuori, I. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc* 34: 1523–1528, 2002.
41. Totósy de Zepetnek, JO, Giangregorio, LM, and Craven, BC. Whole-body vibration as potential intervention for people with low bone mineral density and osteoporosis: A review. *J Rehabil Res Dev* 46: 529–542, 2009.
42. Vela, CA. Whole-body vibration training: Shake up clients' workputs with this low-impact training method. *IDEA Fit* 2: 23–25, 2005.
43. Wallace, RH. *Understanding and Measuring Vibrations*. London, EN: Taylor & Francis Ltd., 1970.
44. Wilcock, I, Whatman, C, Harris, N, and Keogh, J. Vibration training: Could it enhance the strength, power, or speed of athletes? *J Strength Cond Res* 23: 593–603, 2009.

From *Journal of Strength and Conditioning Research*:

Volume 26, Number 10, pages 2907-2911.