

## 振動刺激下での筋力トレーニングの効果について

Short-term effect of strength training with vibratory stimulation on  
body weight and maximal voluntary knee extensor force内藤 祐子\*, 熊川 大介\*, 松本 高明\*, 与那 正栄\*\*  
関 博之\*\*\*, 只野 千茅\*\*\*, 室 増 男\*\*\*Yuko NAITO\*, Daisuke KUMAGAWA, Takaaki MATSUMOTO\*, Masae YONA\*\*  
Hiroyuki SEKI\*\*\*, Chigaya TADANO\*\*\*\* and Masuo MURO\*\*\*\*

生活習慣病の予防として食生活の見直しや適度な運動が推奨されている。さらに、メタボリックシンドロームに着目した特定健康診査および特定保健指導の実施が義務付けられ、健康維持への意識も高まりつつある。しかし、その一方で、肥満解消がなかなか進まず、肥満関連疾患の飛躍的な減少に至ってはいない。肥満はメタボリックシンドロームをもたらすばかりでなく、腰や膝への負担を増加させ、ロコモティブシンドロームをもたらす要因ともなる。高齢化社会においてこうした疾患による神経および筋機能の変容はQOLの維持を困難にさせる大きな要因となる。

近年、減量あるいは筋力向上を目的とした様々な機器が紹介されている。例えば、whole body vibration (WBV) は筋機能や骨密度の改善を目的に開発された全身を振動させるトレーニングマシンである。このWBVトレーニングを実施することでレジスタンストレーニングと同様の効果が得られる、あるいは、レジスタンストレーニングと比較して、より高閾値の運動単位を活性化させるとの報告がなされている。さらに、振動型マシン上で筋活動を行うと、酸素消費量が増加し、

エネルギー消費量も増加するとの研究報告から減量効果も期待できる。また、Gabrielらは、疲労した筋を反復収縮させる際、部分的な振動刺激を加えると、筋力および筋電図振幅が増加すると報告している。

そこで、本研究は、成人女性を対象に被験筋に微少な振動刺激を加えた状態で筋力トレーニングを実施させ、振動刺激の筋量と筋力に与える効果について検討した。

被験者は、膝の疾患のない健康な成人女性4名(年齢 $52 \pm 7$ 歳)を対象とした。被験者にはあらかじめ実験目的と方法について説明し、同意を得たうえで研究協力の快諾を得て参加してもらった。なお本研究は倫理面や個人情報への配慮を盛り込んだ実験計画書を作成し、国士舘大学体育学部研究倫理委員会による承認を得た。被験者はトレーニング期間中、本トレーニング以外の特別な筋力トレーニングを行わなかった。

筋力トレーニングはトレーニング用弾性バンド(セラバンド)を用いて行った。セラバンドを片足の足首に装着し、膝関節90度から135度までの

\* 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 東京薬科大学薬学部 (The school of Pharmacy, Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences)

\*\*\* 新潟経営大学

\*\*\*\* 東邦大学医学部 (Medical school, Toho University)

膝伸展3秒、屈曲3秒を1サイクルとして25回を2セット実施した。本運動に関するフォームや安全性については十分な説明を行い、トレーニングによる怪我のないように十分な配慮を行った。セラバンドの種類はグリーン(40cmで2.8kg)を使用し、主観的運動強度はRPEの「ややきつい」(11~13)までとした。振動刺激はセラバンドによるトレーニングの1サイクルごとに大腿直筋に40Hz、6秒間ずつ加えた。振動刺激は片足のみとし、もう一方を対象肢とした。この振動刺激を加えた筋力トレーニングは週4回の頻度で4週間継続して行った。

測定項目は身体組成と脚筋力測定をトレーニング前後で行った。身体計測はTANITAマルチ周波数体組成計MC-190を用いて測定した。等速性および等尺性膝関節の屈曲および伸展時の筋力測定はBiodex System IIIを用いて実施した。測定姿勢は椅座位で股関節90度屈曲位、膝関節90度屈曲位の状態で、体幹、腰部、大腿部にはそれぞれベルトを装着し、固定した。測定時には、各被

験者ともに数回練習後、屈曲および伸展を最大努力でそれぞれ連続2回実施し、最大値を採用した。角速度は60deg/sec, 120deg/sec, 180deg/secの3種類とし、測定に際しては疲労が影響しないように十分な休息を与えて測定を行った。また、等尺性筋力は伸展時で関節角度を80度、屈曲時で40度にセットして最大努力による力発揮を3秒間行った。

身体組成を中心とした各測定項目の変化を表1にまとめた。体重の変化は個人差が大きく、平均するとトレーニング前後での違いはなかった。また、左右の下肢部位の筋量および体脂肪量においても同様で、有意な違いは認められなかった(表2)。さらに、振動刺激を加えた被験肢と対象肢との間にも明らかな違いは観察されなかった。

4週間の振動刺激下での脚筋力トレーニングの結果を表3に示した。数値は膝関節伸展および屈曲時における体重あたりのピークトルク値である。伸展時および屈曲時はいずれの角速度においてもほぼ同様の値で、両群に違いはなかった。

Table1. Physical characteristics of subjects at pre- and post-training

	height(cm)	weight(kg)	fat (%)	LBM(kg)	BMI
pre-training	165.1±8.7	61.2±6.1	30.4±3.4	42.6±5.1	22.4±0.9
post-training	164.5±8.1	61.6±5.9	31.7±3.7	42.1±4.7	22.7±0.9

(mean ±SD)

Table2. Effects of strength training with and without vibratory stimulation on muscle and fat volume of legs

	Vibration		Control	
	pre-training	post-training	pre-training	post-training
muscle (kg)	6.8±0.9	6.7±0.9	6.9±0.9	6.8±0.9
fat (kg)	3.4±0.4	3.5±0.5	3.5±0.4	3.6±0.5

(mean ±SD)

次に屈曲および伸展時におけるピークトルク値からトレーニング前後での変化率を表した(図1、2)。伸展最大筋力は振動刺激群がコントロールより数値は高くなったが、両群間に有意な差はみ

られなかった。同様に、屈曲に関しては振動刺激の顕著な変化は見られなかった。

今回、4週間での筋力トレーニングでは振動刺激の明確な結果は得られなかった。この理由とし

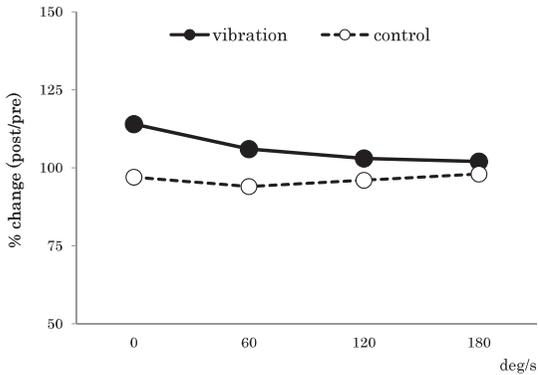


Figure1. Changes in extensor peak torque after the 4-week strength training with and without vibratory stimulation

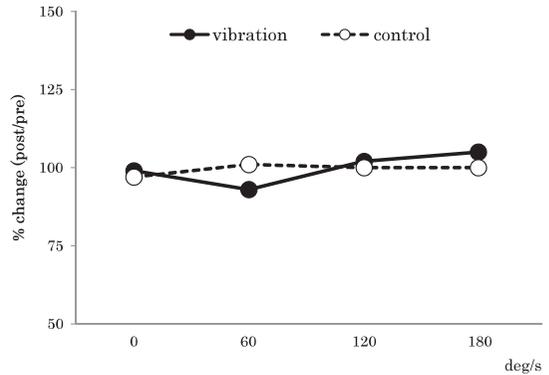


Figure2. Changes in flexors peak torque after the 4-week strength training with and without vibratory stimulation

Table3. Extensors and flexors peak torque at pre- and post-training with and without vibratory stimulation

	Vibration		Control	
	pre-training	post-training	pre-training	post-training
Extension(PT/BW) Nm/kg				
0 deg/s	2.3±0.3	2.5±0.5	2.4±0.5	2.3±0.5
60deg/s	2.0±0.2	2.0±0.3	2.1±0.2	2.0±0.2
120deg/s	1.5±0.1	1.5±0.2	1.5±0.1	1.5±0.2
180deg/s	1.3±0.1	1.3±0.2	1.3±0.1	1.3±0.1
Flexion(PT/BW) Nm/kg				
0 deg/s	1.3±0.1	1.2±0.1	1.3±0.2	1.3±0.2
60deg/s	1.1±0.2	1.1±0.3	1.0±0.1	1.1±0.3
120deg/s	0.9±0.2	0.9±0.2	0.8±0.1	0.8±0.1
180deg/s	0.8±0.2	0.8±0.2	0.7±0.1	0.7±0.1

(mean ±SD)

てはトレーニング期間での被験者間でのばらつきが挙げられる。被験者は4名であったが、振動刺激を加えた筋力トレーニング後の等尺性随意最大筋力の増加した者、変化の見られなかった者、低下した被験者もあり、平均値では対象肢との違いは認められなかった。

筋肉に振動刺激を与えると、緊張性振動反射(TVR)がおこり、固有感覚受容器を通して筋紡錘を刺激し、運動ニューロンの活性化を引き起こす。一方で、振動刺激によって神経伝達が抑制さ

れ、H反射が減弱するとの報告もある。また、TVRは被験筋の持続的収縮をもたらすが、この収縮持続には40Hz程度の低周波が中周波より効果的であったとの報告がされている。その一方で、40Hzの振動刺激は被験筋での収縮を持続させる反面、拮抗筋の筋活動は抑制するとしている。

今後は、各角速度における屈曲・伸展比から大腿二頭筋群と四頭筋群の関与率の変化を検討し、低周波の振動刺激下での筋力トレーニングによる被験筋と拮抗筋への影響を検討する予定である。