

NewsLetter

Sports Medicine Research Center, Keio Univ.

No. 11

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター
ニュースレター 第11号
[2012年9月発行]

おもな活動報告

- 7月 国民体育大会神奈川県代表選手健康診断(5~8月約100名)
体育会蹴球部・重量挙げ部・高校蹴球部体脂肪率測定
レーシングドライバー メディカルチェック
教職員を対象とした運動教室(4~9月)
日本大学陸上競技部最大酸素摂取量、乳酸値、体脂肪率測定
- 8月 モトクロス選手体力測定
- 9月 東京家政大学学生体脂肪率測定
法政大学第二中駅伝選手メディカルチェック
強くなるためのスポーツ医学基礎講座「下肢のスポーツ障害、その予防と治療」など

トピックス

体育会学生を対象とした血液検査のご報告

スポーツ医学研究センターでは、「2012年度体育会学生を対象とした血液検査」を6月4日、5日、7日、8日の4日間で実施しました。これは、塾内のスポーツ選手が安全にスポーツに取り組み、そして最高のパフォーマンスを発揮することを目的に、スポーツ医学研究センターが開設当初より継続しているサポート業務のひとつです。この検査は、貧血関連項目として末梢血(白血球数、赤血球数、ヘモグロビン量、ヘマトクリット値など)と血清鉄値のチェックを行い、肝機能を中心とした生化学項目(GOT、GPT、CK、LDH)のチェックも行います。

本年度は、36部(男子部、女子部を別として)計959名(うち男子696名、女子263名)の希望者に対して血液検査を行いました。このうち、貧血関連項目が基準値を満たし、当センターの判定基準で、貧血に関して「異常は認められない」と判定された学生は男子648名(93%)女子226名(86%)でした。「鉄欠乏性貧血の治療を要する」(男 $Hb < 12.5 \text{ mg/dl}$ かつ $Fe < 50 \mu \text{ g/dl}$ 、女 $Hb < 11.0 \text{ mg/dl}$ かつ $Fe < 40 \mu \text{ g/dl}$)と判定された学生は女子が6名(2.3%)であり男子は該当者がいませんでした。この6名については、報告書により呼び出し、当センター医師の面談を行い、保健管理センターでの鉄剤処方、または近医への紹介、そして保健師による食事を含めた生活習慣の改善を指導しています。投薬治療までは必要としない「軽度の鉄欠乏貧血」(男 $12.5 \leq Hb < 13.5 \text{ mg/dl}$ かつ $Fe < 50 \mu \text{ g/dl}$ 、女 $11.0 \leq Hb < 11.5 \text{ mg/dl}$ かつ $Fe < 40 \mu \text{ g/dl}$)と判定された学生は男子4名(0.6%)女子1名(0.4%)でした。この軽度鉄欠乏貧血者については、食事での鉄分の摂取を心がけるよう、文書にて注

意を促していますが、それだけでは改善がみられず、翌年には貧血が進んでいる例が少なくなく、競技特性や活動量を考慮した積極的な介入、指導の必要性を感じています。またヘモグロビンは十分量を満たしていても、血清鉄値が低下している「貧血予備軍」(男 $Fe < 50 \mu \text{ g/dl}$ 、女 $Fe < 40 \mu \text{ g/dl}$)が男子36名(5.2%)女子27名(10.3%)に見られ、このまま放置すれば貧血に進む可能性があるとして食事での鉄分摂取を心がけるよう文書で注意を促しました。

貧血関連以外の項目では、当センターの再検査基準により、安静後の再検査を行います。多くは基準値に落ちつき、運動による一過性の高値と考えられましたが、再検査でも改善がみられず他の医療機関を紹介した1例がありました。

今回の検査では、軽度を含め鉄欠乏性貧血であった11名のうち8名が活動レベルの高い持久性競技(ハンドボール、ボクシング、ラクロス、ホッケーなど)部に所属しており、3名は弓道や合気道など比較的活動量が低い部活動に所属しています。運動選手の鉄欠乏性貧血は、鉄の需要と供給のアンバランスから生じ、運動量に見合った食事が摂れていないことで慢性的に鉄供給が不足していることや、発汗による鉄の喪失や運動時の足底部への強い衝撃による溶血で鉄需要が増えていることが原因と考えられます。とくに昨今見受けられる栄養素の不足したバランスの悪い食事では貧血のリスクが高くなると考えられます。貧血は、運動中に息が上がりやすい、記録が落ちるなど持久力の低下を引き起こし、持久性競技では大変不利益です。その場合は、食事や鉄剤で体内鉄量の不足を補い、血中ヘモグロビン量を増加させ貧血を治療すれば競技成績の改善がごめす。4年間の競技生活を充実したものにするために一年に一回の定期的なチェックは大切です。その一方で、活動量のあまり高くない部活動での貧血も毎年途絶えることがなく、これは、大学入学前に運動経験がない、食事が少ないことなど生活習慣の問題や、女子学生の場合は月経による出血量が多いことなどいわゆるスポーツ性貧血とは異なる原因を併せ持っている場合が少なくなく、自覚症状も乏しいため、入部時のなるべく早い段階でのチェックの必要性を感じます。

貧血に関する教育活動は、体育会学生向け教育プログラム「強くなるためのスポーツ医学基礎講座」の「スポーツと貧血」を行い、「スポーツと栄養」ではスポーツ選手に必要な食量、栄養バランスについて講義しています。今後も塾内スポーツ選手が安全に充実した競技生活を過ごせるように、サポート体制を整えていきたいと考えております。



研究紹介

全身振動刺激 (Whole-body Vibration) を 利用したトレーニングの効果

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター研究員

大澤祐介

背景

全身振動刺激 (Whole-body Vibration) を利用するとトレーニング効果が得られやすくなるか？

1. レジスタンス・トレーニングを行うことの必要性

加齢や不活動による筋萎縮は、日常生活での活動制限や姿勢の悪化などの原因になる。その対策に、身体に負荷をかけて筋機能（筋力、筋パワー、筋持久力及び筋量）を高めることを目的とするレジスタンス・トレーニング (Resistance training, RT) の実施が推奨されている (Ratamess et al. Med Sci Sports Exerc, 2009)。

2. WBV を利用したトレーニング方法

RT には多数の運動方法があり、枚挙に遑がない。しかし、科学的に効果が検証された運動方法に限定すると数少ない。近年、WBV を利用した RT が関節に負担が少ないことから、低体力者への導入、リハビリテーション用の運動として欧米諸国を中心に普及している (図 1)。特に、運動習慣のない者や高齢者が当該運動方法を行うことで、筋力及び筋パワーが向上すると期待され、注目を集めている (Rehn et al. Scand J Med Sci Sport, 2007)。また、高齢者が WBV を利用した RT を行うことによって、大腿部の筋横断面積が増大したという報告もある (Bogaerts et al. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2007; Machado et al. Scand J Med Sci Sport, 2010)。

WBV を利用したトレーニング方法の特徴は主に 2 点ある。第一の特徴は、WBV を身体に付加することで、筋活動量が増加することだ。WBV を利用しながら運動を行ったとき、WBV なしで同一運動を行ったときと比べて、より高い筋活動量が生じることは複数の研究グループが報告している (Abercromby et al. Med Sci Sport Exerc, 2007; Roelants et al. J Strength Cond Res, 2006)。この筋活動量の増加は、WBV を身体に付加したとき、固有受容器 (筋紡錘など) が振動刺激を感知して、WBV の周波数と同期した筋収縮活動が生じる (この現象は、緊張性振動反射 tonic vibration reflex と呼ばれている) ことが主たる機序と考えられている (De Gail et al. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1966; Hagbarth et al. Brain Res, 1966)。我々でもスクワット運動中の筋活動量を測定したところ、先行研究と同様の結果を得ている (図 2)。

第二の特徴は、WBV を利用したトレーニングでは、専用の



図 1 Whole-body vibration を利用したトレーニング例

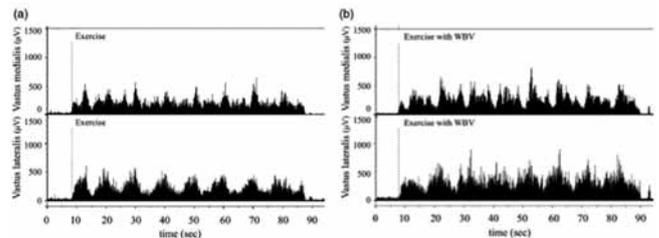


図 2a WBV なしでスクワットを行っている最中の筋活動量

図 2b WBV を利用しながらスクワットを行っている最中の筋活動量

プレートが発生する加速度が負荷となることだ。現在広く普及している RT では、ダンベルやバーベルなどの器具を負荷としている。一方、WBV を利用した RT では、プレートが発生させた垂直方向の加速度が負荷となる。なお、WBV 専用機器は数多くあり、機器及び周波数・振幅の組み合わせによって加速度は大きく異なる。スポーツ医学研究センターに設置している WBV 専用機器の加速度を計測した結果を表 1 に示す。

WBV を利用した RT に関する学術論文は、2005 年頃から毎年 10 篇以上国際誌に掲載されている。しかし、現在までに WBV を利用した RT には、標準化されたプログラムは未だ確立していない。そのため、運動効果は一致した見解に至っていない (Nordlund et al. Scand J Med Sci Sport, 2007; Rehn et al. Scand J Med Sci Sport, 2007)。例えば、プレート上に乗っているだけでも筋力などが向上するのか、または何らかの運動と組み合わせなければ筋力などは向上しないのかについても一致していない。また、WBV を利用しながらトレーニングを行う場合、WBV の有無、それぞれの条件で同一運動プログラムを行ったとき、WBV によって上乘せされるトレーニング効果の程度および運動中断後の影響は明らかではない。

そこで、我々は、運動習慣のない健常成人を対象に、WBV 利用の有無によって、どの程度トレーニング効果の発現に違いがあるかを検証した。特に、本研究では、WBV を利用することで

表 1 WBV プラットホームの加速度

Additional weight added	Vibration condition			
	0 Hz, 0 mm [control]	30 Hz, 2 mm	35 Hz, 2 mm	40 Hz, 2 mm
0 kg [control]	1.00	1.40	2.10	3.40
+40 kg	1.00	1.40	2.75	3.68
+50 kg	1.00	1.54	2.80	3.92
+60 kg	1.00	1.54	2.91	3.90
+70 kg	1.00	1.56	2.95	4.00

g is the Earth's gravitational field, 9.81 m/s².

得られる筋機能に対するトレーニング効果の効率性及び運動を中断した場合のトレーニング効果の持続性に着目して検討した。

研究 1

1. 研究の目的

12 週間の WBV を利用した自重の RT プログラムが除脂肪量及び筋力に及ぼす影響を検討する。

2. 方法

研究デザイン: 運動習慣のない健康男女 18 名 (27.3 ± 5.2 歳) を対象に、12 週間の WBV を用いた RT プログラムによる除脂肪量及び筋力への効果を検討する無作為化比較試験を実施した。

対象者を WBV 下で RT を実施する (VT) 群、または WBV なしで同一 RT を実施する (Control, CON) 群の 2 群に無作為に割付けた。運動内容は、監督下にて 1 回 40 分、週 2 日下肢及び体幹を中心とする自重による 8 種目の RT を実施した。両群ともに介入期間中、運動時間は 1 セット当たり 30 秒間で固定した (インターバルは 60 秒間)。なお、WBV 群では、介入期間を通して振動の周波数 (30-40Hz) によって負荷を漸増させた。介入前後に、二重エネルギー X 線吸収法による除脂肪量計測及び下肢・体幹筋の筋力計測を行った。

3. 結果

自重による運動では、除脂肪量及び筋力に対する WBV の上乘せ効果は生じない。

いずれの測定項目においても、VT 群と CON 群との間で有意差を認めなかった (表 2, 表 3)。本研究結果より、自重の運動または振動の周波数による漸増負荷では、WBV による上乘せ効果は生じないことが示唆された。

研究 2

1. 目的

13 週間の WBV を利用した RT が、筋肥大、筋力、筋パワー及び筋持久力に及ぼす影響とトレーニング中断後の影響を検討する。

2. 方法

研究デザイン: 運動習慣のない健康男女 33 名 (36.8 ± 9.1 歳) を対象に、13 週間の WBV を利用した RT プログラムによる筋

表 2 WBV を利用したトレーニングによる筋力および筋持久力への効果

		VT	CON	ANOVA	
		n = 10	n = 8	Group-by-Time	P
Maximal isokinetic knee extension -con- (Nm/kg)	pre	1.92 ± 0.48	1.53 ± 0.80	0.15	0.70
	post	2.13 ± 0.50	1.66 ± 0.96		
Maximal isokinetic knee extension -ecc- (Nm/kg)	pre	2.34 ± 0.79	2.05 ± 0.86	0.37	0.55
	post	2.59 ± 0.85	2.17 ± 1.00		
Maximal isokinetic knee flexion -con- (Nm/kg)	pre	1.00 ± 0.25	0.78 ± 0.38	0.04	0.84
	post	1.22 ± 0.31	0.97 ± 0.40		
Maximal isokinetic knee flexion -ecc- (Nm/kg)	pre	1.29 ± 0.22	1.02 ± 0.34	0.09	0.77
	post	1.43 ± 0.31	1.12 ± 0.38		
Number of sit-ups (time)	pre	18.1 ± 4.5	17.6 ± 4.3	1.80	0.20
	post	20.8 ± 5.2	19.4 ± 4.7		

All values were presented as mean ± SD.

CON, control group; VT, Vibration training group

con: concentric contraction; ecc: eccentric contraction

表 3 WBV を利用したトレーニングによる体重および除脂肪量の結果

		VT	CON	ANOVA	
		n = 10	n = 8	Group-by-Time	P
体重 (kg)	pre	57.9 ± 9.7	52.6 ± 5.1	2.84	0.11
	post	58.4 ± 9.7	52.2 ± 4.6		
全身除脂肪量 (kg)	pre	42.5 ± 9.0	39.3 ± 5.6	1.45	0.25
	post	43.0 ± 9.0	39.4 ± 5.6		
体幹除脂肪量 (kg)	pre	19.9 ± 3.5	18.3 ± 2.2	0.35	0.56
	post	20.6 ± 3.7	18.7 ± 2.4		
脚除脂肪量 (kg)	pre	14.8 ± 3.3	13.3 ± 2.5	0.70	0.41
	post	14.7 ± 3.2	13.1 ± 2.2		
腕除脂肪量 (kg)	pre	4.7 ± 0.8	4.4 ± 1.3	1.32	0.28
	post	4.7 ± 0.8	4.4 ± 1.3		

All values are presented as the mean ± SD.

CON, control group; VT, Vibration training group; BFLBM, Bone-free lean body mass

量、筋力、筋パワー、及び筋持久力への効果を検討する無作為化比較試験を実施した。

対象者を WBV 下で RT を実施する (RT-WBV) 群、または WBV なしで同一 RT を行う (RT) 群に無作為に割付けた。運動内容は、監督下にて 1 回 60 分、週 2 日下肢及び体幹を中心とする計 8 種目を実施した (図 3)。両群ともに介入期間中、ゆっくりとした動き (例えば、スクワットでは 4 秒かけてしゃがみ、4 秒かけて立ち上がり、膝を伸ばしきらないところで 2 秒維持するリズムで行った) を 1 セット 8 回繰り返した (うち 2 種目は、それぞれ 64 秒と 48 秒)。なお、両群ともにセット数 (1 セットから 2 セット) または荷重 (女性、自重から体重の 30% 相当の荷重; 男性、自重から体重の 45% 相当の荷重) によって負荷を漸増した。

介入前及び 13 週間の運動終了後に核磁気共鳴撮像法 (MRI) による腹部筋横断面積 (L4-5) を計測した (図 4)。また、介入前、7 週間後、13 週間後、及び全運動期間終了から 5 週間後に、等尺性・等速性膝伸展筋力、等尺性背筋力、および垂直跳び高を測定した。加えて、介入期間中の日常生活を評価するために、加速度計による身体活動量の評価及び質問紙による栄養調査を行った。



図3 Whole-body vibration を利用したトレーニング例

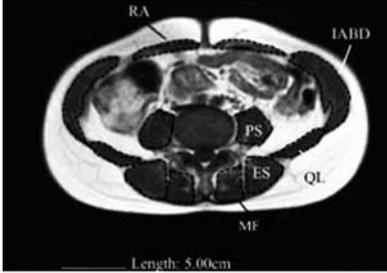


図4 核磁気共鳴撮像法を用いた体幹筋横断面積の評価

ES, 脊柱起立筋; IABD, 内外腹斜筋、腹横筋; MF, 多裂筋; PS, 大腰筋; QL, 腰方形筋; RA, 腹直筋

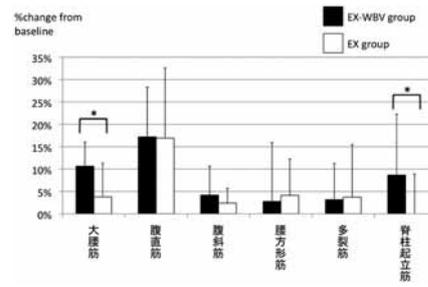


図5 WBV を利用したトレーニングによる体幹筋横断面積の結果

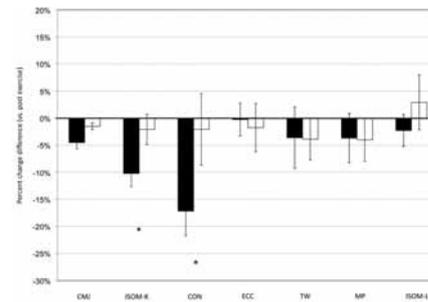


図6 WBV を利用したトレーニング終了後のパフォーマンスへの影響

3. 結果

軽い荷重をかけて、ゆっくりとした動きの運動をしたとき、筋肥大、筋力及び筋パワーに対して WBV の上乘せ効果がある。しかし、短期間の運動中断によって得られた効果は減衰しやすい。

13 週間の運動終了後、等尺性膝伸展筋力、短縮性膝伸展筋力、等尺性背筋力及び垂直跳び高は、RT-WBV 群のほうが RT 群よりも高い改善を認めた。

大腰筋横断面積が RT 群では +3.8% 増大に対して、RT-WBV 群では +10.7% 増大した (図5)。また、RT-WBV 群のほうが等尺性膝伸展筋力、短縮性膝伸展筋力、等尺性背筋力、および垂直跳び高において、より高い改善を認めた。

しかし、運動終了から5週間経過後と13週間終了直後を比較すると、RT-WBV 群のみ膝伸展筋力が -11.5% (等尺性膝伸展筋力)、-19.9% (短縮性膝伸展筋力) と有意に低下した。一方、RT 群では、いずれの測定項目でも有意差はなかった (図6)。

以上より、長めの運動時間または荷重による漸増負荷を取り入れたプログラムを利用することで、大腰筋に対する筋肥大、体幹筋と下肢筋群の筋力及び筋パワーへの WBV の上乘せ効果が生じる可能性が示された。一方で、運動を中断した場合、WBV なしで行う RT と比べて早期にトレーニング効果が減衰し始めることが示唆された。

まとめ

運動習慣のない者を対象に上述2つの研究を実施して、RT プログラムに WBV を付加することによる筋機能への効果を検証した。2つの研究より、運動習慣のない者が定期的に WBV

を用いた RT を行うことで、効率的に筋機能 (特に、筋量、筋力及び筋パワー) を改善できることが示された。ただし、研究1及び2の結果より、WBV の効果は運動内容に影響されると考えられる。つまり、WBV を利用した運動を考える際には、運動時間を長めに設定することないし荷重を用いて負荷を漸増することが必要だと考えられる。また、WBV を取り入れることで、従来の RT より効率が良いが、その効果の持続性は短い可能性を加味する必要があるという結論に至った。

参考文献

- 1) Osawa, Y and Oguma, Y. Effects of combining whole-body vibration with exercise on the consequences of detraining on muscle performance in untrained adults. *Journal of Strength and Conditioning Research* (in press) .
- 2) Osawa, Y and Oguma, Y. Effects of resistance training with whole-body vibration on muscle fitness in untrained adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2011 (ahead of print) (doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01352.x) .
- 3) Osawa, Y and Oguma, Y. Effects of whole-body vibration on resistance training for untrained adults. *Journal of Sports Science and Medicine* 10: 328-337, 2011.
- 4) Osawa, Y, Oguma Y, and Onishi S. Effects of whole-body vibration training on bone-free lean body mass and muscle strength in young adults. *Journal of Sports Science and Medicine* 10: 97-104, 2011.

Newsletter No. 11

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター ニュースレター 第11号

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター Sports Medicine Research Center, Keio University

発行日: 2012年9月28日

代表: 戸山芳昭

〒223-8521 横浜市港北区日吉4-1-1 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター TEL:045-566-1090 FAX:045-566-1067 <http://sports.hc.keio.ac.jp/>