

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：11101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700524

研究課題名（和文） 脳卒中後遺症者における全身振動刺激装置を用いた運動介入が筋機能に与える影響の解明

研究課題名（英文） Effect of whole body vibration exercise intervention on muscle function of stroke patient

研究代表者

藤田 俊文（FUJITA TOSHIFUMI）

弘前大学・大学院保健学研究科・助教

研究者番号：60431441

研究成果の概要（和文）：全身振動刺激（WBV）を用いた運動の負荷量設定方法を検討し、加えて運動介入が身体機能に与える影響について検討した。負荷量設定方法は Borg 指数で推定することが有効であることが示唆された。運動介入の結果として、瞬発的または短時間の筋機能および運動能力の向上が見られた。脳卒中後遺症者へ対して WBV 運動を実施した結果、筋機能向上に有効と考えられたが、運動負荷プロトコルについて再検討が必要であった。

研究成果の概要（英文）：This study was investigated the load setting method of the whole body vibration(WBV) exercise and the effect of WBV exercise intervention in health adults and elderly people. The load setting method of WBV exercise was available to estimate at the Borg index. As a result of exercise intervention, instantaneous or short muscle function and performance improved in adult women. About elderly people including stroke patient, exercise intervention of WBV was credited with muscle function improvement. However, exercise protocol in elderly people was required reexamination.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：全身振動刺激、筋パワー、筋機能、運動負荷量、脳卒中、リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

脳卒中発症後の安静により、廃用性の低下、特に筋萎縮が進行していくことは周知の事実である。そのため現在では、内科的な管理の下、早期からリハビリテーションを積極的

に行うことが推奨されている。しかしながら、発症後すぐにリハビリテーション処方が出され、数日後よりリハビリテーションを開始しても 2 週間は筋萎縮を防止し得ていないとの報告（近藤克典・他、1997）もみられてい

る。特に筋線維の縮小や神経単位の減少は筋出力に重大な影響を与え、その結果、起き上がりや立ち上がりといった日常生活動作（以下、ADL）の遂行が困難となってしまう。そのため、早期より筋萎縮の予防や筋力などの筋機能低下の予防・改善が必須の課題となっている。

近年、高速で振動するプラットフォーム上に立ち、全身に対して機械的な振動刺激を与えることで、筋力や筋量、骨塩量が増加するという報告（Roelants M・et al, 2004）がみられ、積極的に身体を動かさずとも身体機能向上が可能であることが示唆されてきている。また、身体に対する振動刺激により筋緊張を減弱させ、腰痛などの疼痛軽減を図ることが可能であるとの報告（Rittweger J・et al, 2002）もある。このように、振動刺激は身体へ好結果をもたらすことが考えられ、脳卒中後遺症者のリハビリテーションにとっても、廃用性筋萎縮の予防・改善および筋機能向上を図るための効果的な方法と考えられる。

2. 研究の目的

これまで、脳卒中後遺症者を対象とした全身振動刺激（whole body vibration: WBV）運動の効果に関する報告は国内外を見てもごくわずかであり、まだ十分なエビデンスは確立されていない。そのため、脳卒中後遺症者を対象とした WBV 運動の安全性や効果に関するエビデンスを提示していくことは、今後の臨床応用において重要な一面を担うものであり、身体に対する振動刺激の可能性を広げるためには極めて重要である。

しかしながら、WBV 運動時の循環器系へ与える影響に関しては十分検討されておらず、加えて負荷量の設定方法も散見され検討は十分ではない。その状況で脳卒中後遺症者患者へ即適応することは現実的とは考えにくい。

そこで本研究では、(1)健常成人を対象とした循環器系の反応に関する検討、(2)健常成人女性に対する介入効果および循環器系の反応について検討し、その上で(3)脳卒中後遺症者や要介護高齢者などへの適応条件を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1)健常成人を対象とした循環器系の反応に関する検討

健常成人 18 名（男性 11 名、女性 7 名、平均年齢 20.2±2.3 歳）を対象とした。

WBV に用いる機器は、G-Flex（Novotec Medical GmbH, Germany）を使用し、実施姿勢は足幅を 20cm 開脚位、膝関節を軽度屈曲位（約 40 度）のスクワット姿勢とした。運動負荷は、①WBV あり（振動周波数 30Hz）

と②WBV なし（コントロール）の 2 条件とし、実施順番はランダムで決定した上で、1 週間以上間隔をあけて実施した。運動負荷プロトコルは、安静座位 5 分、運動負荷 3 分、運動終了後安静座位 3 分とした。測定は、常時心電図により心拍数の測定、また自覚的運動強度（Borg 指数）を確認した。心拍数は座位安静 5 分時、運動負荷後 1 分時、2 分時、3 分時、終了後安静座位 1 分時、2 分時、3 分時を確認し、同時に Borg 指数を確認した。

心拍数より運動強度をカルボネン法にて算出し、運動負荷 3 分時の値を比較検討に使用した。運動強度は以下の式にて算出した。

〔運動強度（%）=（運動時心拍数－安静時心拍数）/（最大心拍数－安静時心拍数）〕

安静時心拍数：安静座位 5 分時

運動時心拍数：運動負荷 3 分時

最大心拍数：220－年齢

上記より算出された運動強度および Borg 指数について、2 条件間の比較を対応のある t 検定または Wilcoxon の符号付順位和検定を用いて検討した。また、WBV ありと WBV なしについて運動強度と Borg 指数の関連性を Pearson の積率相関係数で確認した。加えて回帰分析を実施し運動負荷設定予測式を作成した。有意水準は 5%とした。

(2)健常女性成人に対する WBV の介入効果および循環器系の変化に関する検討

健常成人女性 15 名（平均年齢 39.5±11.2 歳、範囲 24～58 歳）を対象とした。

WBV に用いる機器は、G-Flex（Novotec Medical GmbH, Germany）を使用し、実施姿勢は足幅を 20cm 開脚位、膝関節を軽度屈曲位（約 30 度）のスクワット姿勢とした。運動負荷は、健常成人を対象とした結果を参考に、Borg 指数で「ややきつい（13）」を目安に振動周波数を設定した。設定された周波数にて、運動負荷 3 分、休憩 1 分で 3 セットを週 3 回の頻度で 8 週間（合計 24 回）を実施した。また、運動負荷量については、毎回の運動終了時に Borg 指数を確認し、もし「ややきつい（13）」より低い場合は、次回より振動周波数を漸増させる方法にて実施した。

評価項目は、血圧、心拍数、BMI、身体組成（全身筋量%、脂肪量%、除脂肪量%、右下肢筋量%）、右等尺性膝伸展筋力、閉眼片脚立位、5 回反復起立テスト、30 秒椅子立ち上がりテスト、立ち幅跳とし、介入開始前と介入終了後に実施した。

測定した項目より、右等尺性膝伸展筋力については、身体組成測定から得られる大腿部筋量で除した値（筋力/筋量：N/kg）を算出した。

介入前後の変化について、対応のある t 検

定または Wilcoxon の符号付順位和検定を用いて検討した。有意水準は 5% とした。

(3) 脳卒中後遺症者や要介護高齢者などへの適応条件の検討

これまでの研究結果を参考に、脳卒中後遺症患者を含む、要介護高齢者に対して WBV を用いた運動の適応条件の検討と運動負荷条件設定の妥当性について検討した。

デイサービスセンターに通所している 8 名 (平均年齢 73.8 ± 12.2 歳) について調査した。そのうち脳卒中後遺症者は 4 名であった。要介護度は要支援 3 名、要介護 3 名、介護予防 1 名であった。

振動周波数は、Borg 指数をもとに「ややきつい (13)」を目安に実施した。実施時間については、健常成人と同様に 3 分の負荷では運動に耐えられないことが考えられたため、1 分を 3 セットにて実施した。デイサービスに通所する日に実施するため、1 週間に実施する回数が週 1~2 回であった。WBV を用いた運動は、個別プログラムの一部として行われた。

WBV 開始前と 3 ヶ月後に、開眼片脚立位、30 秒椅子立ち上がりテスト、Timed up & Go test、5m 歩行テストを実施した。

比較は、開始前と 3 ヶ月後の変化について対応のある t 検定または Wilcoxon の符号付順位和検定を実施した。

4. 研究成果

(1) 健常成人を対象とした循環器系の反応に関する検討

算出した運動強度は、WBV ありでは平均 27.7%、WBV なしでは平均 20.1% となり、WBV ありで高い傾向となった ($p=0.08$) (図 1)。Borg スケールは、WBV ありが平均 14 (10~17)、WBV なしでは平均 12.8 (9~16) となり、有意に WBV ありで高い結果となった ($p<0.01$) (図 2)。また運動強度と Borg スケールとの関連性については、WBV ありで高い相関関係 ($r_s=0.65$ 、 $p<0.01$) を認め、また回帰分析を実施し、当てはまりが良好な回帰式として、曲線回帰式が作成され、決定係数 R^2 が 0.57 であった (図 3)。WBV なしでは、有意な相関関係があるとはいえなかった。

運動強度を考える場合、一般的にはカルボネン法の 50~70% で有酸素運動、70% 以上で無酸素運動とされ、また Borg 指数では 13 (ややきつい) が AT レベルとされている。結果では、ほとんどの対象者が WBV ありで運動強度としては 70% 未満であり、カルボネン法をもとに考えると無酸素運動レベルとはいえなかったが、Borg 指数ではほとんどが 13 以上となり運動強度の指標として相違が見られた。WBV の運動様式は、微小な外

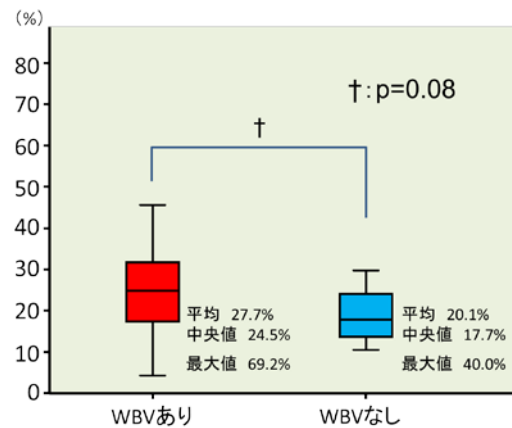


図 1 運動強度の比較

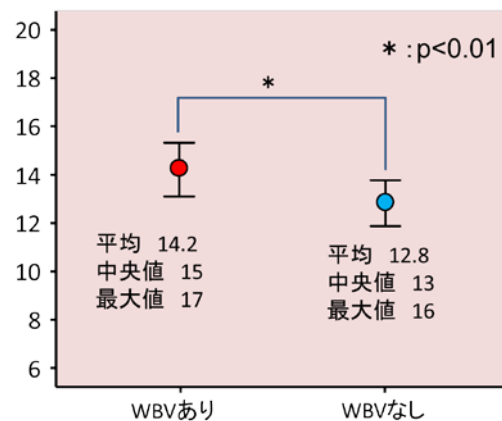


図 2 Borg 指数の比較

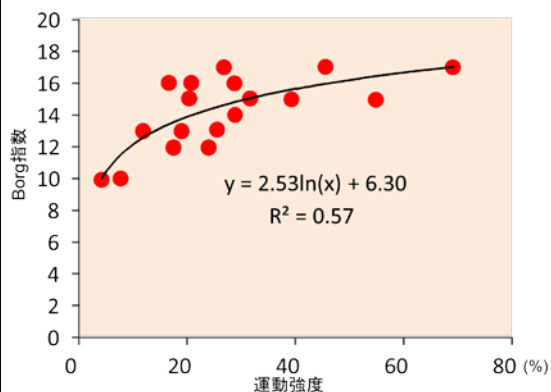


図 3 運動強度と Borg 指数の関連性

乱に対してスクワット肢位を保持する運動であるため、下肢筋を中心とした静止性運動であり無酸素的な要素が強い運動であると考える。さらに自転車エルゴメータを用いたような関節運動が伴う運動とは運動強度の考え方に相違があるものと考えられる。また Borg 指数で推定する運動強度よりも、心拍数を用いて推定する運動強度の方が低い結果は、WBV を用いた運動では心負荷は低い可能性を示唆しているものと考えられる。

以上より、心拍数から WBV を用いた運動の運動強度を算出し、その結果と Borg 指数との関連性が高い結果が得られ、心拍数および Borg 指数との関連性よりある程度の運動強度を推定することが可能であることが示唆された。つまり、Borg 指数をもとに運動強度を設定することで、心負荷を考慮した運動強度を設定できると考える。この結果は、脳卒中患者や高齢者などへ WBV を適応する上で参考となる結果であるといえる。

(2) 健常女性成人に対する WBV の介入効果および循環器系の変化に関する検討

BMI および除脂肪量%において、統計学的な有意差が認められたが、平均値で 1%未満の差であり臨床的に有意差があるとはいえない可能性が考えられた。

膝伸展筋力/筋量 ($p<0.01$)、30 秒立ち上がりテスト ($p<0.01$)、立ち幅跳び ($p<0.05$) において有意に向上が見られたが、閉眼片脚立位では有意な差は見られなかった (図 4)。

開始時と終了時の血圧、心拍数の変化に関しては、有意差は見られず、循環器系には大きな変化はみられていなかった。

WBV を用いた運動では、プラットフォーム上に立つことで加えられる振動刺激により、筋の反射性収縮を誘発がされ (緊張性振動反射)、運動効果をもたすとされている。結果から、筋量は大きな変化が見られず、筋力の向上が著明であった。これは単位筋量あたりの筋力である筋力/筋量が増加していることから、中枢性の影響として大脳興奮水準の向上、および末梢性の影響として運動単位あたりの動員線維の増加が関与していることが示唆される。ただし、筋量の増加が有意でないことから、筋線維の肥大に関しては明らかにできなかった。

また、運動能力として、30 回椅子立ち上がりテスト、立ち幅跳びで向上がみられた。30 回椅子立ち上がりテストでは、30 秒間に立ち座りを反復する運動であり、下肢筋を中心とした短時間の最大努力での運動となる。また、立ち上幅跳びは、瞬間的に下肢伸展筋を収縮させ、前上方へ推進力を生み出すことで移動する運動であり瞬発的な運動要素が強い。これらの運動の共通した部分として、瞬発的および短時間の運動に関わりが大きい Type II 線維が有意に活動することが考えられる。また、どちらの動作も下肢筋を協調的に活動させることが重要であり、この筋協調性向上という点もパフォーマンス向上につながったものと考えられる。つまり WBV を用いた運動では、Type II 線維を有意に活動させ、筋力や筋パワーといった瞬発的かつ短時間の運動能力を選択的に向上させることが可能であると考える。ただし、バランス能力の指標として閉眼片脚立位を行ったが、数値としては

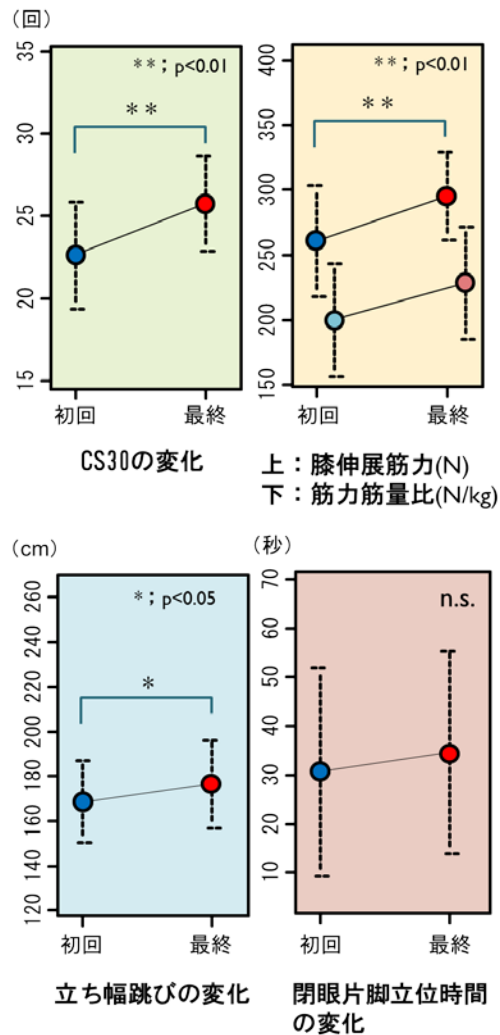


図 4 介入前後の比較

若干の向上傾向がみられたが統計学的には有意ではなかった。本研究の対象者は、バランス能力が低下していない者であるという点を考慮すると、有意な結果が得られにくかったものと考えられる。

開始時と終了時の血圧および心拍数の変化について検討したが、有意な変化は見られなかった。レジスタンストレーニングを長期間実施した場合、血管スティフネスへ負の影響を与える可能性があるといわれているが、今回実施した結果より WBV を用いた運動であっても循環器系へ与える影響は大きくないものと考えられた。対象者の中には開始時より血圧が安定したのも見られていたため、この点に関しては今後さらなる検討が必要である。

本研究の介入方法として 1 回 3 分を 3 セット、週 3 回であり、1 週間の全運動時間に換算しても 27 分程度の運動量となる。6~8 週以降に筋肥大が生じやすく、筋活動の時間と強度に依存するという報告があることから、筋活動量を筋電図学的に捉えることで運動負荷量を推定し、運動効果との関連性を検

討することが必要であると考え。しかしながら、本研究で実施した程度の運動介入であっても筋力や運動能力の向上が見られたこと、循環器系へは大きな影響は見られないことより、脳卒中患者や要介護高齢者など、身体機能の低下がある者にとっては、WBVを用いた運動は「質」という面で有効な介入方法であることが示唆された。

(3) 脳卒中後遺症者や要介護高齢者などへの適応条件の検討

運動負荷プロトコルについて、Borg 指数で「ややきつい (13)」で 1 分 3 セットを実施し、有害事象や中途脱落者はいなかった。

30 秒椅子立ち上がりテストでは、平均 2 回と増加傾向を示したが統計学的には有意差は見られなかった ($p=0.13$)。その他の項目に関して有意な差は見られなかった。

脳卒中後遺症を含む要介護高齢者を対象に介入結果について調査した。要介護度に幅があり、また介入期間もサービスの利用頻度により異なっていたため、十分な効果判定ができなかったものの、WBV を用いた運動は要介護高齢者であっても十分適応可能な手段であると考えられる。また、高齢であり併存疾患に高血圧なども有している者も多いため、負荷量の設定には、まずはリスク面を考慮して設定する必要がある。そのため、高負荷とにならないように実施することが前提であるため、十分効果が現れる負荷量ではなかった可能性が高い。この点に関しては、今後更なる検討が必要である。

しかしながら、実施者の中には著明に 30 秒椅子立ち上がりテストの結果が向上している者もあり、WBV を用いた運動は筋機能へ与える影響は大きいものと推測される。また、対象の特性に合わせて使用することで十分効果をあげられることができる介入方法であると考え。

今後は、本研究結果をもとに、運動プロトコルを再考し、より最適な介入方法を検討していきたい。また、WBV の身体へ与える影響に関しては、まだまだ情報が不十分であるため、運動学的、運動生理学的な視点からも検討する必要があると考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 1 件)

- ① 藤田俊文、岩田学：全身振動刺激を用いた運動時の運動強度の特徴、第 47 回日本理学療法学会大会、2012.5.25-27、神戸

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤田 俊文 (FUJITA TOSHIFUMI)
弘前大学・大学院保健学研究科・助教
研究者番号：60431441

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし