

平成 22 年 4 月 15 日現在

研究種目：若手研究(スタートアップ)  
 研究期間：2008～2009  
 課題番号：20890268  
 研究課題名(和文) 間欠的足底圧刺激に対する反応性筋収縮による廃用性筋力低下予防装置の開発と臨床応用  
 研究課題名(英文) Application of a New Muscle Exercise Device using Intermittent Sole Pressure Stimulation  
 研究代表者  
 高橋 哲也 (TAKAHASHI TETSUYA)  
 兵庫医療大学・医療福祉学部・教授  
 研究者番号：00461179

## 研究成果の概要(和文)：

足底においた塩化ポリビニール製の楕円形のボールを間欠的に膨らませる装置を使ったベッド上での筋力トレーニング装置を開発し、この装置を使用した時の下肢伸展運動の筋活動を検討した。ベッド上 30 度ギャッジアップ位と 70 度ギャッジアップ位での間欠的足底圧刺激運動時の内側広筋、大腿二頭筋、腓腹筋の筋活動は膝屈曲 45 度からの立ち上がり、つま先立ち、椅子からの立ち上がり時の筋活動と近似または一部はそれ以上の筋活動が認められた。間欠的足底圧刺激運動は下肢機能の維持のためのベッド上でのトレーニングとして使用できる可能性がある。

## 研究成果の概要(英文)：

We developed an on-the-bed muscle training device that utilizes the intermittent inflation of an oval rubber balloon located at the sole. We determined the lower-limb muscle activities during muscle exercise using the device we developed. The root-mean-square of electromyogram values of vastus medialis, long head of the biceps femoris, and gastrocnemius medialis during the leg exercise against intermittent sole pressure stimulation (ExISPS) in 30-degree and 70-degree semi-recumbent positions mimic or are greater than those activities of the leg that are required in daily life such as standing up and calf-raising. The ExISPS could be used as exercise training to maintain lower-limb function in patients who need bed-rest.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,030,000	309,000	1,339,000
2009 年度	520,000	156,000	676,000
総計	1,550,000	465,000	2,015,000

## 研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：看護学・臨床看護学

キーワード：(1)リハビリテーション (2)看護学 (3)臨床 (4)医療・福祉 (5)足底刺激  
 (6)反応性筋収縮 (7)廃用性筋力低下 (8)予防

## 1. 研究開始当初の背景

医療の進歩やリハビリテーションの発展とともに、疾病発症後や手術後の早期離床が定着した。しかし、高齢患者の増加や、疾病

の重複により障害構造が複雑化し、早期から離床を進めることができない症例も一定割合で存在する(自験例では心臓外科手術後では約 45%)。早期離床の遅延は、患者の廃用症

候群を誘発し、入院期間を長期化させることになる。

骨格筋の筋萎縮防止には、目的とする骨格筋に対する低周波電気刺激による筋萎縮防止や筋力低下の予防が試みられているものの、その効果は一様でなく、電気刺激による痛みや火傷、水泡形成など事故の報告もある。

これまで我々は、心疾患発症（または心臓外科手術）後、長期臥床を強いられた心疾患患者に対してベッド上から自動運動を行うことで、可能な限り筋萎縮や筋力低下を予防しようと試みてきた。実際には、従来の下肢伸展挙上（straight leg raising, SLR）による開放運動連鎖 Open kinetic chain (OKC) でなく、足もとに楕円形の塩化ポリビニール製ボールを置いて、患者自らそのボールを蹴ることで可能な限り自発収縮により筋力低下を防ごうとする試みを行ってきた。これは、OKC に対して、閉鎖運動連鎖 Closed Kinetic Chain (CKC) による筋収縮形態で、立ち上がり動作に類似した動作でかつ簡便であるために、患者にも受け入れやすく、離床開始後のベッドからの立ち上がり動作の早期獲得に効果を示した。しかし、あくまで患者の意思に左右される自動運動であることから、病棟看護師やリハビリテーション担当者、家族などの促しがない場合には運動を行わないなどの限界があった。

動物実験レベルでは、すでに間欠的荷重により廃用性筋萎縮の予防が期待できるとされる。したがって、治療上の制約により、立位による重力負荷ができない状態であっても、何らかの形で、ベッド上で抗重力筋に対して間欠的な筋収縮を行うことは廃用性筋萎縮を最小限に抑えることができる可能性がある。

以上の点をまとめると、次のことが、廃用性筋力低下の予防に重要と考えられる。

- ① 自動運動であること
- ② 間欠的な筋収縮が得られること
- ③ 離床に向けて立ち上がる動作に類似していること
- ④ 他者からの促しや意欲に左右されず、常に動機づけが得られること

そこで、本研究では、「これまでの足もとに楕円形の塩化ポリビニール製ボールを置いて患者自らそのボールを蹴ることで可能な限り自発収縮により筋力低下を防ごうとする試み」を発展させて、足底に置いた塩化ポリビニール製ボールの内部の空気圧を間欠的に上下させ、足底からの圧感覚刺激に対する反応性筋収縮による廃用性筋力低下予防装置の開発と臨床効果の検討を行いたいと考えた。

## 2. 研究の目的

上記①～④の条件を満たすべく、ベッド上

で足底に置いた塩化ポリビニール製ボールの内部の空気圧を間欠的に上下させ、足底からの圧感覚刺激に対する反応性筋収縮による新たな廃用性筋力低下予防装置の開発を目的とした。

## 3. 研究の方法

対象は健常成人 10 名（平均年齢 29.4（25-41）歳、男女各 5 名）とした。被検者の採用基準は、本研究の説明を受けて文書にて本研究への参加の合意が得られた 20 歳以上の健常成人とし、検査実施に際して問題となるような骨関節系に既往があるものや、循環器系に問題があるものは含めないこととした。なお、本研究は、兵庫医療大学の倫理審査委員会の承認を受けて実施した（承認番号 No. 08010）。

被検者をリクライニング機能の付いた治療用ベッドに仰臥位としてから 30 度ギャッジアップ位と 70 度ギャッジアップ位とした。空気を抜いた状態の直径 30cm の塩化ポリビニール製バルーン (physioroll®) を両側足底面に設置し、足関節背屈 0 度でバルーンの中央に足底が位置するようにバルーンの位置を調節した (図 1)。

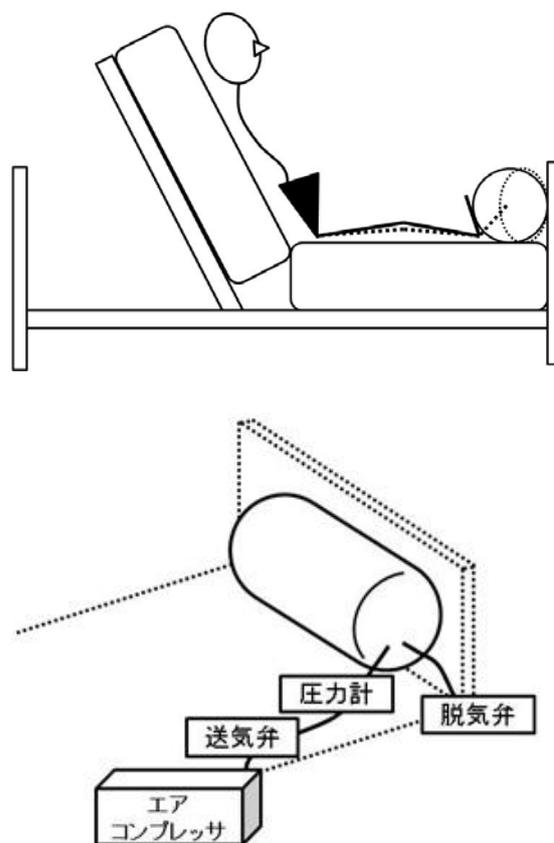


図 1. 間欠的足底圧刺激運動装置の構成

バルーンの内圧の調整は小型エアコンプレッサ (JUN-AIR 3-4 マイナ) を用いて行っ

た。膨らんでくるバルーンを足底で感じたところで、下肢全体を伸展させるように指示し、バルーンの内圧が15kPaに達したら脱気させることを30秒間に1回の割合で行った。30度ギャッジアップ位と70度ギャッジアップ位での下肢伸展運動時の筋活動は表面筋電計 (ME6000, MEGA Electronica 社製) を用いて、内側広筋、大腿二頭筋長頭、腓腹筋内側頭の筋活動を双極誘導法にて導出した。また、膝関節45度屈曲位からの起立、椅子からの起立、カーブレイズの3条件下での同部位の筋活動量も測定した。筋電図のサンプリング周波数は1,000Hzとし、被検筋はすべて右側とした。

さらに、歩行時の筋電図も解析し、1歩行周期分の片側の筋活動を計測し、右下肢の接地した時点から、10m先の右下肢の接地した時点までを解析し、その積分値を右下肢の歩数で除した。

電極は銀塩化銀電極円形である直径15mmのディスプレイ電極 (Blue sensor N-00-S, Ambu 社製) を用いて電極間距離は20mmとし、各筋の筋腹に貼付した。筋電図の解析は筋電図解析処理ソフト (MegaWin ver. 2.0) を用いて行い、単位時間あたりの筋活動 (二乗平均、root-mean-square, RMS) を各条件間で比較することとした。さらに、安静時と各ギャッジアップ位での運動中の収縮期血圧 (SBP) と心拍数 (HR) を測定した。

測定結果は、平均値 (mean) ± 標準偏差 (SD) で表示し、統計解析はSPSS statistics 17 for Windows (SPSS) を用いて解析した。統計学的有意水準は5%未満とした。

#### 4. 研究成果

(1) ベッド上30度ギャッジアップ位と70度ギャッジアップ位の間欠的足底圧刺激運動時の内側広筋の筋活動 (二乗平均、RMS) は膝屈曲45度からの立ち上がりかつま先立ちの筋活動と近似していた。また、大腿二頭筋はすべての条件で筋活動が近似していた。さらに腓腹筋内側頭の筋活動は膝屈曲45度からの立ち上がりや椅子からの立ち上がり以上の筋活動が認められた。

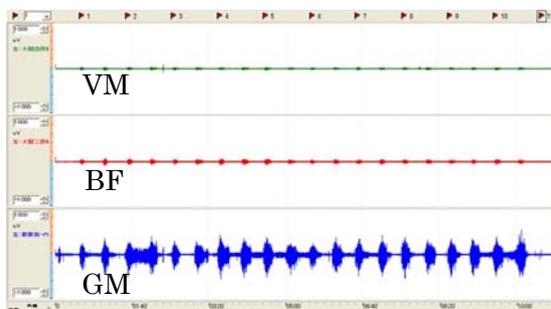


図2. 70度ギャッジアップ位での間欠的足底圧刺激運動装置使用中の筋活動の一例

VM: 内側広筋、BF: 大腿二頭筋長頭、GM: 腓腹筋内側頭

表1. 各運動時の内側広筋、大腿二頭筋長頭、腓腹筋内側頭の平均筋活動 (RMS)

	VM ( $\mu$ Vs)	BF ( $\mu$ Vs)	GM ( $\mu$ Vs)
ExISPS (30°)	242.9 ± 38.7	217.2 ± 38.4	476.8 ± 126.1
ExISPS (70°)	269.8 ± 45.7	177.8 ± 21.8	520.2 ± 146.3
40cm椅子から立ち上がり	591.0 ± 57.1*	180.5 ± 59.3	154.6 ± 24.1*
膝関節45°から立ち上がり	231.9 ± 34.0	157.6 ± 29.6	145.5 ± 27.3*
踵上げ運動	228.1 ± 65.3	154.0 ± 48.9	895.0 ± 146.7*

ExISPS (間欠的足底圧刺激による下肢の運動、leg exercise against intermittent sole pressure stimulation)

VM: 内側広筋、BF: 大腿二頭筋長頭、GM: 腓腹筋内側頭

\*p<0.05 vs. ExISPS

(2) また、心拍数と血圧は各運動時に異なる変化を認めなかった。

表2. 各運動時の収縮期血圧と心拍数の変化

	収縮期血圧 (mmHg)	心拍数 (bpm)
安静時	115.8 ± 15.0	67.1 ± 10.0
ExISPS (30°)	122.6 ± 18.6	69.2 ± 10.8
ExISPS (70°)	127.0 ± 16.4	72.8 ± 12.8

ExISPS (間欠的足底圧刺激による下肢の運動、leg exercise against intermittent sole pressure stimulation)

(3) 下肢伸展運動片側1回分の各筋の筋活動は、1歩行周期分の各筋の筋活動よりも高値を示したが、1日の運動量の目標とされる1万歩 (片側5000歩) と同等の筋活動を得るためには600回 (被検者10名の最小値) 以上のベッド上での下肢伸展運動が必要と算出された。

## 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計1件)

① 高橋哲也、熊丸めぐみ、田屋雅信、風間寛子、西川淳一、設楽達則、中野晴恵、猪熊正美：間欠的足底圧刺激に対する反応性下肢伸展運動時の筋活動および循環反応について. 第74回日本循環器学会、平成22年3月、国立京都国際会館

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)

名称：空気圧による下肢トレーニング装置

発明者：高橋哲也

権利者：高橋哲也

種類：特許

番号：特願2010-46275

出願年月日：2010年3月3日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ne.jp/asahi/g-jpta/president/index>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋哲也 (TAKAHASHI TETSUYA)

兵庫医療大学・医療福祉学部・教授

研究者番号：00461179