

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：32206

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21328

研究課題名(和文) 起立-着座動作の補助を目的とした短下肢装具の開発と評価

研究課題名(英文) Development and evaluation of Ankle-Foot Orthosis for assisting the Sit-to-Stand motion

研究代表者

糸数 昌史 (Itokazu, Masafumi)

国際医療福祉大学・成田保健医療学部・准教授

研究者番号：00611683

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中患者の歩行の改善を目的として、広く短下肢装具が用いられている。しかし、立ち上がり動作の補助を目的とした報告はほとんどない。本研究では、起立動作の動作特性を考慮して、足継手にコイルばねを組み込んだ短下肢装具を試作し、ビデオによる動作解析と下肢筋活動の測定を実施してその効果を検証した。結果として試作した装具を着用することにより、起立動作遂行のための運動方略に変化が生じ、下肢筋活動は膝関節伸筋および下腿の前傾を制動する筋の活動が減少することが明らかとなった。今後は対象者を高齢者および動作困難者に拡大して計測および検証していくことと、着座動作に着目した装具の機能についても検討していく。

研究成果の概要(英文)：Ankle-Foot Orthosis (AFO) are often prescribed for the stroke patients to improve gait in clinical practice. However, to the best of our knowledge, limited reports exist to assist AFO for Sit-to-Stand motion (STS). In this study, we developed AFO incorporating a coil spring in ankle joint to support STS. We performed motion analysis by video and measured muscle activity of lower limbs. The results showed that there were change in the motion strategy of STS in the condition with the spring assistance. Activity of the knee joint extensor muscle and ankle joint planter flexor muscle revealed that significantly reduced. There is a need for further studies to test our findings in another age groups and more number of subjects and to develop AFO for Stand-to-Sit motion in the future.

研究分野：理学療法

キーワード：短下肢装具 起立動作 底屈補助 ばね 足継手

1. 研究開始当初の背景

現在、早期リハビリテーションの概念が定着しつつあり、多くの疾患でベッドサイドでの機能訓練が実施されている。多くの対象者の機能的目標は歩行能力の自立であるが、そのファーストステップとして、ベッド上座位からの起立-着座動作練習が多く行われている。この動作は日常生活で頻回に行う動作であり、必要性が高く、かつ歩行などに比べて転倒リスクが少ないことからトレーニング動作として多く行われる一方で、対象者の身体機能によっては介助量が大きくなる動作である。

起立-着座動作を運動学的観点から検証すると、端座位姿勢から立ち上がるためには、殿部にかかる体重を足底に移動し、膝崩れが生じないように足関節・膝関節・股関節の伸展動作が必要とされる。このことから立ち上がり動作の介助を行う際には、対象者の前方、または側方に介助者が位置することで、体重を前方(足底)に移動させ、足関節の背屈(下腿部の前傾)を介助者の手や膝などを用いてコントロールすることが求められる。この技術は介助量を軽減し、かつ対象者の能力を利用した方法であるが、技術の習得が難しく、看護・介護場面での実践はほとんどみられない。その他の介助量軽減のための取り組みとしてリフトを使用することや着用型ロボットを用いることなどがあるが、動作の努力量や介助負担を減らしながら、対象者の能動的な動作を促すための取り組みは少ないのが現状である。

リハビリテーションの分野では下肢装具を用いた体重支持や関節可動範囲の補助を行っており、特に膝下までの短下肢装具はよく用いられ日常生活においても長時間装着していることが多い。近年、抗力を有する継手を具備した短下肢装具 Gait Solution が山本らによって開発され、片麻痺者の歩行動作の改善に効果を挙げている。研究代表者はそれらを参考に足関節の底屈、背屈運動を油圧ダンパで制御する短下肢装具(WGS)を試作(図1)し、脳性麻痺と二分脊椎症の対象者において歩行能力の改善に有効であることを示した。患者は下肢で体重を支えることが難しく、歩行中の膝屈曲角度が大きい(下腿が前方に傾斜している)ことが特徴であったが、WGSを用いて体重を支える時期に装具によって足関節を制動する(下腿の前方傾斜にブレーキをかける)ことによって、従来から用いられている足関節を固定する装具に比べて歩行中の下肢の屈曲傾向を軽減させることができた(図2)。

2. 研究の目的

起立-着座動作における動作介助方法とWGSによる足関節背屈の制動機能が類似している点に着目し、起立-着座動作の運動を補助するための装具をWGSベースに開発し、その効果を評価することとした。



図1. 試作した短下肢装具(WGS)

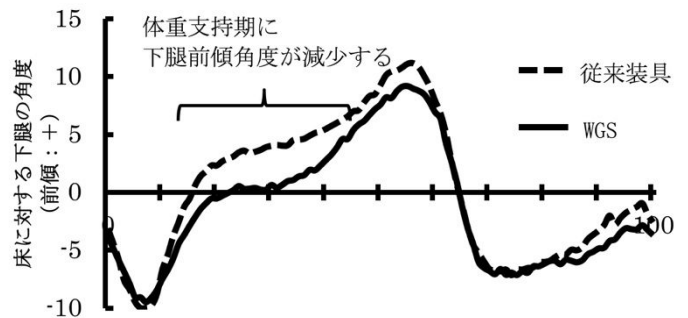


図2. WGSによる歩行改善効果

3. 研究の方法

(1) 起立動作補助に必要な機能の検討

歩行の改善を目的としたWGSをベースに起立-着座動作の補助に必要な機能を検討した結果、動作補助のための力源にコイルばねを使用することが適切であると判断し、装具の足継手部分に取り外し式のばねを組み込んだ装具を試作(図3)し、以後の検討で用いることとなった。



図3. 試作したコイルばね式短下肢装具

(2) ビデオ映像を用いた動作の評価

対象

若年健常男性 9 名 (平均年齢 19.6 ± 0.5 歳、平均身長 171.2 ± 8.4 cm、平均体重 62.1 ± 7.7 kg) を対象とした。

計測動作

いすからの起立動作とし、いすの高さは対象者の下腿長の高さに合わせた。対象者には股関節・膝関節 90° 屈曲位のいす座位姿勢を動作開始肢位とした。その姿勢から、計測

者の合図に合わせて起立動作を行った。その後立位姿勢を2秒保持させて元のいすへ着座した。

計測条件

ばね補助なし、ばね補助ありの2条件を設定し、各条件をそれぞれ3試行実施した。短下肢装具は対象者に装着したままで計測を実施し、条件ごとにばねの着脱を行った。

計測方法

対象者の体表（肩峰、大転子、膝関節裂隙外側、足関節外果）に直径3cmのマーカーを貼付し、対象者の右側面2m、床からの高さ80cmの位置に三脚で固定したデジタルカメラ（EX-ZR300, カシオ）を用いて動画を撮影した。

データ処理

解析ソフト Kinovea を用いて起立動作時間、離殿時間、体幹前傾角度、下腿前傾角度を算出した。統計処理は、条件間の差の検討に Wilcoxon の符号付き順位検定を実施し、有意水準は5%未満とした。

(3) 下肢筋活動の評価

対象

若年健常男性16名（平均年齢 20.0 ± 3.4 歳、平均身長 170.0 ± 4.5 cm、平均体重 70.0 ± 3.4 kg）を対象とした。

計測動作

いすからの起立動作とし、いすの高度は対象者の下腿長の高度に合わせた。対象者には股関節・膝関節 90° 屈曲位のいす座位姿勢を動作開始肢位とした。その姿勢から、計測者の合図に合わせて起立動作を行った。その後立位姿勢を2秒保持させて元のいすへ着座した。

計測条件

装具なし、ばね補助なし、ばね補助あり（弱）、ばね補助あり（中）、ばね補助あり（強）の5条件を設定し、各条件をそれぞれ3試行実施した。

計測方法

内側広筋、前脛骨筋、腓腹筋内側頭、ヒラメ筋の筋腹に表面電極を貼付し、各条件における筋活動を計測した。

データ処理

得られた生波形は全波整流後、装具なしの条件を基準として正規化し、起立動作中の筋活動を %RMS として算出した。統計処理は、条件間の差の検討に Friedman 検定を実施した後 Bonferroni 法による多重比較検定を実施した。有意水準は5%未満とした。

4. 研究成果

(1) 起立動作補助に必要な装具の試作

起立動作と着座動作は対となる動作であるが、その動作特性に違いがあるため、まずは起立動作に着目して検討することとした。起立動作における足関節周りの筋活動の特徴として、動作が開始され、座面から殿部が離れて足底に体重を支持する時期と、足底に体重を支持して下肢を伸展させ立位姿勢となる時期では足関節の筋活動特性が異なる。本

来 WGS は歩行動作の改善を目的として試作したものであり、具備された力源のオイルダンパは沈み込むことで生体の遠心性収縮に類似した働きをする。一方でダンパが復元する力源はごく弱い力のばね以外は有していない。起立動作では遠心性収縮と求心性収縮が動作の前半と後半で切り替わることになるので、求心性収縮が必要とされる起立動作後半では WGS による効果が期待できないことが予想された。そこで、力源としてコイルばねを組み込んだ装具を試作した。コイルばねが縮む時に生じる抵抗が生体では遠心性収縮にあたり、縮んで蓄えたエネルギーが開放される時に生じるエネルギーが求心性収縮の役割を果たすと考えた。コイルばねは太さや巻き数を変化させた4種類を用意し、以降の実験で用いることとした。

(2) ビデオ映像を用いた動作の評価

表1に条件間の起立動作時間、離殿時間、体幹前傾角度、下腿前傾角度を示す。体幹前傾角度はばね補助ありの条件で有意に増加し、下腿前傾角度はばね補助ありの条件で有意に減少した。

表1. ばね補助有無による各因子の変化

	ばね補助なし	ばね補助あり
起立動作時間 (sec)	1.9 ± 0.3	1.8 ± 0.2
離殿時間 (sec)	0.8 ± 0.2	0.8 ± 0.1
体幹前傾角度 (°)	38.4 ± 5.6	$43.7 \pm 5.2^*$
下腿前傾角度 (°)	15.8 ± 5.8	$11.6 \pm 4.8^*$

N=9 * p<0.05

(3) 下肢筋活動の評価

図4~7に内側広筋、腓腹筋内側頭、ヒラメ筋および前脛骨筋の各条件の筋活動の比較をそれぞれ示す。内側広筋はばね補助ありの条件下では %RMS が有意に減少した。腓腹筋内側頭、ヒラメ筋も同様の傾向がみられたが、前脛骨筋では条件間の差はみられなかった。

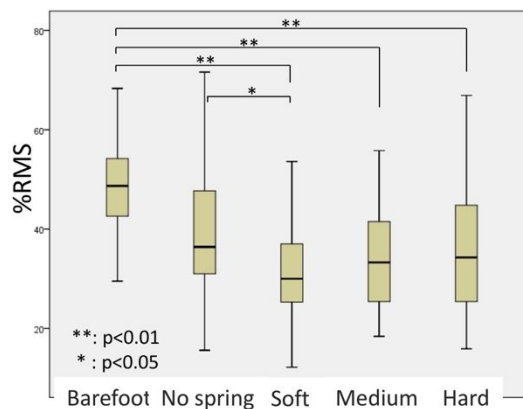


図4. 各条件間の内側広筋の筋活動

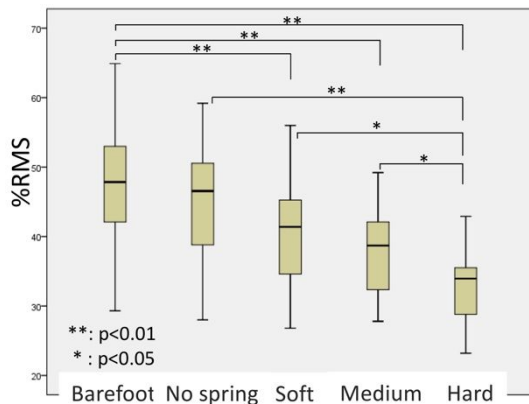


図 5. 各条件間の腓腹筋内側頭の筋活動

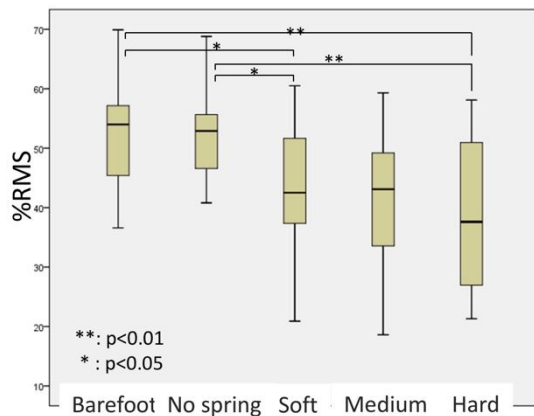


図 6. 各条件間のヒラメ筋の筋活動

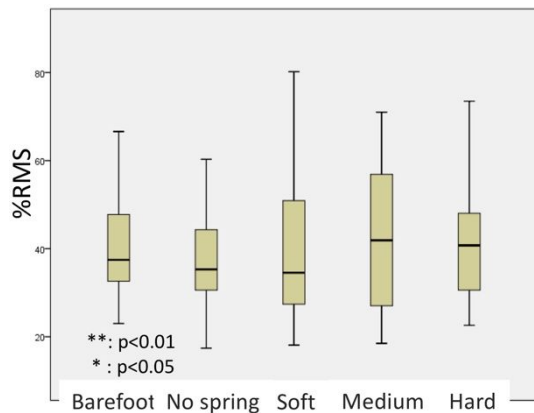


図 7. 各条件間の前脛骨筋の筋活動

(4) 考察

起立動作の足関節周りの筋活動を考慮して、力源にばねを用いた短下肢装具を試作した。ばねの縮む際の抵抗と伸長する際に発揮される力がそれぞれ筋肉の遠心性収縮と求心性収縮の作用にあたる考えた。

ビデオ映像を用いた動作の評価では、ばね補助ありの条件では起立動作時間および離殿時間などの空間時間因子には影響を与えないことが明らかとなり、足関節まわりへの力源の付与によって起立動作の速度やタイミングが不自然な変化はみられないことがわかった。一方でばねの抗力による下腿前傾角度が減少することに伴い、体幹前傾角度は増加することが明らかとなり、起立動作自体の運動方略の変化が生じると推察された。

起立動作時の下肢筋活動の結果から、ばね

補助ありの条件下において、主に膝関節伸展筋である内側広筋の%RMS の値が減少し、ばね補助なしの条件と比較して筋活動量が減少していることが明らかとなった。また下腿の前傾を制動する作用がある腓腹筋内側頭やヒラメ筋の%RMS の値も減少傾向を示しており、ばねの作用がそれらの筋に対する補助として働いていることが示唆された。一方で下腿を前傾させる作用がある前脛骨筋はいずれの条件においても%RMS の値に有意な変化はみられず、装具による同筋への影響はないことが明らかになった。

(5) 総括

起立動作の動作特性を考慮して、足継手にコイルばねを組み込んだ短下肢装具を試作し、ビデオによる動作解析と下肢筋活動の測定を実施してその効果を検証した。結果として試作した装具を着用することにより、起立動作遂行のための運動方略に変化が生じ、下肢筋活動は膝関節伸展筋および下腿の前傾を制動する筋の活動が減少することが明らかとなった。しかし、本研究の対象者は若年健常成人であり、高齢者および動作困難者を対象としている結果ではないため、今後は同対象における検証と着座動作へ着目した検討も実施していく予定である。

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)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

系数昌史、底屈補助機能付短下肢装具が起立動作に与える影響について、第 32 回日本義肢装具学会学術大会、2016
Masafumi ITOKAZU, Effect of Ankle-Foot Orthosis with Support Function on Muscle Activities During the Sit-to-Stand Movement in Healthy Individuals, 3rd International Meeting of Asian Rehabilitation Science in China, 2019

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等：なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

系数 昌史 (ITOKAZU MASAFUMI)

国際医療福祉大学・成田保健医療学部・准教授

研究者番号：00611683