

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：32206
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2011~2012
課題番号：23700619
研究課題名（和文） 腰部疾患者の負担軽減を目的とした体幹装具 Trunk Solution の開発と評価
研究課題名（英文） Development and evaluations of Trunk Solution aiming at decreasing low back load of patients with low back disorder
研究代表者 勝平 純司 (KATSUHIRA JUNJI) 国際医療福祉大学・保健医療学部・講師 研究者番号：00383117

研究成果の概要（和文）：腰部疾患への有効な介入手段の一つとして、体幹装具の処方が行われている。しかしながら、体幹装具は体幹を固定してしまうため、長時間使用すると腰部関節の可動性が奪われ、体幹周囲筋が萎縮してしまう。本研究の目的は腰部疾患を持つ者の姿勢の改善および腰痛軽減を目的とした抗力を具備した継手を有する新たな体幹装具 Trunk Solution（以下 TS）を開発・改良し、その腰部負担軽減効果と体幹深部筋への促通効果を評価することである。

研究成果の概要（英文）：Trunk orthoses are often prescribed for the patients with low back disorder as one of the effective interventions on their symptoms. However, use of the orthoses over a prolonged period of time sometimes causes trunk muscular weakness because they prevent the low back joint mobility. The purposes of this study were to modify the newly designed trunk orthosis with joints providing resistive force which intended to improve low back pain and body posture and to execute kinetic and kinematic analyses of static standing and level walking while wearing the modified orthosis.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

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：体幹装具、バイオメカニクス、腰部負担

## 1. 研究開始当初の背景

現在、腰部疾患への有効な介入手段としては、外科的な手術と合わせてコルセットに代表される体幹装具の処方が行われている。しかしながら、体幹装具は体幹を固定してしまうため、長時間使用すると腰部関節の可動性が奪われ、体幹周囲筋が萎縮してしまうなどの問題が生じる。近年、抗力を有する継手を具備した短下肢装具 Gait Solution(以下 GS)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対して一定の効果を挙げている。この装具では、足関節の底屈のみ抗力を有する継手によって制御し、背屈はフリ

ーにするという、足関節を固めずに一部を補う機構にすることで効果を得ている。我々は、山本らが開発した短下肢装具 GS の機構をヒントに、体幹機能の一部をサポートし体幹の動きを固定しない抗力を有する継手を具備した体幹装具 Trunk Solution (TS) を開発した。体幹装具 TS は継手の発揮する力が上部支持体を通して体幹部を引き起こすような抗力与え、かつ腹筋の活動を高めることができる。これにより腰痛の予防、腰痛の軽減、前かがみ姿勢の矯正、腹筋活動の維持などに効果を発揮することができる。また、回転軸を有する継手は上部支持体の初期位置と抗力

を調節する機能を有するため、個人差にも対応でき幅広い用途に使用することができる。

我々は、体幹装具 TS の効果を検証するために、健常者若年者を対象として装具の有無および他の体幹装具と効果の比較を行った。結果として、非装着時、他の装具装着時と比較して TS 装着時に歩行時の腹筋の筋活動が増加する一方で背筋の筋活動が減少することが明らかになった。

しかしながら実験で使用した TS は身体への接触面積や重量が大きいことから実際に腰部疾患が使用するための仕様になっていなかった。また、腰部疾患や腰痛の有訴者の多い高齢者でその効果は検証していなかった。

## 2. 研究の目的

我々が独自に開発した抗力を有する継手を具備した体幹装具 TS を腰部疾患者に適応できる仕様に改良し、三次元動作分析装置、筋電計、超音波診断装置それぞれから得られる腰部モーメント、腰背部の筋活動、体幹深部筋の筋厚の計測により実用化に向けた評価を実施する。

## 3. 研究の方法

### (1) TS の問題点抽出と改良

3か所の本学関連施設に体幹装具 TS 試作品、大小で2セットずつ貸与し、改良に必要な事項をまとめた後に改良版 TS (TS2) を作製した。

### (2) 立位における腰部負担の評価

#### ① 対象

健常高齢男性 21 名 (平均年齢 67.5±5.5 歳、平均身長 163.4±5.4cm、平均体重 62.7±7.0 kg) を対象とした。

#### ② 計測条件

計測課題は装具なし、TS2 使用、軟性装具使用の3条件の立位保持とした。被験者は目線の高さの目印を注視し、20秒間の静止立位を各2回施行した。

#### ③ 計測方法

被験者には身体各部 43 箇所に赤外線反射マーカーを貼付し、静止立位を三次元動作分析装置 VICON612、赤外線カメラ 12 台、AMTI 社製床反力計 4 枚と Kistler 社製床反力計 2 枚を用いて測定した。また実験に用いた TS2 では Bluetooth を用いて計測用 PC と TS2 に取り付けた発信機を接続した。これにより、TS2 が胸郭部を押す力を三次元動作分析装置と同期させてリアルタイムで計測し、胸郭部を押す力を加味して腰部負担を計算することを可能にした。また、被験者の L4/5 レベルの脊柱起立筋に筋電計の電極を貼付して筋活動の分析を合わせて実施した。

#### ④ データ処理

静止立位時の腰部屈曲モーメントの平均値

と脊柱起立筋の積分値を腰部負担の指標とした。いずれも 2 試行の平均値を代表値として解析に用いた。腰部モーメントは被験者の体重、脊柱起立筋の筋活動は最大筋活動でそれぞれ正規化を実施した。統計解析には一元配置分散分析を実施した後 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。

### (3) 歩行における腰部負担の評価

#### ① 対象

健常高齢男性 16 名 (平均年齢 67.4±6.0 歳、平均身長 162.4±5.5cm、平均体重 62.2±7.5 kg) と腰部に既往を持つ高齢者 (平均年齢 71.3±4.5 歳、平均身長 165.9±3.8cm、平均体重 64.7±4.4) を対象とした。

#### ② 計測条件

計測課題は装具なし、TS2 使用、軟性装具使用の3条件の平地歩行とした。被験者はそれぞれの条件で6枚の床反力計上を自由速度で歩行した。

#### ③ 計測方法

立位における腰部負担と同様のセットアップを用いて計測実施した。

#### ④ データ処理

右下肢の一步行周期のうち、立脚中期と立脚後期の腰部の屈伸モーメントそれぞれの最大値と立脚期の脊柱起立筋の筋活動の積分値を腰部負担の指標とした。健常高齢者の統計解析には一元配置分散分析を実施した後 Bonferroni 法による多重比較検定を実施した。腰部に既往のある高齢者については対象者数が少なかったため、傾向のみを分析した。

### (4) 体幹深部筋の評価

#### ① 対象

高齢の対象者は体幹前部の脂肪等の軟部組織が多く、体幹深部筋の評価が困難であったことから、健常成人男性 13 名を対象とした。

#### ② 計測条件

軟性装具着用時は腹部全体が覆われてしまうため、計測が困難であったことから、計測課題は装具なし、TS2 使用の2条件とした。

#### ③ 計測方法

超音波画像診断装置 Sonosite (FUJIFILM 社製) を用いて体幹深部筋である腹横筋の撮像を実施した。リニアプローブを右肋骨下縁と上前腸骨棘間にあてて右側腹部の横断面の画像を記録した。

#### ④ データ処理

撮像した画像から腹横筋の筋厚を測定し、収縮の指標とした。統計解析には Wilcoxon の符号付順位和検定を実施した。有意水準は 5%未満とした。

## 4. 研究成果

### (1) TS の問題点抽出と改良に関する成果

TS では抗力を具備した継手が左右にせり出しているため、歩行時の腕の振りを妨げてしまうこと、直立時に胸部を後方に押す力を与えるために支柱が後方に傾斜して着脱が困難なこと、継手の抗力による胸を押す力を簡便に調整できない、という実用化への障壁となる三つの大きな問題点が残されていた。そこで本研究では、前述した三つの問題点を解決し実用性を考慮した TS2 の設計を行った。

TS2 の外観を図 1 に示す。TS2 では拳銃を収納するホルスターからヒントを得て、抗力を発生させる機構部を骨盤の左右から腋下前部に移動した。これにより機構部が腕の振りを妨げなくなった。また、これまで抗力源として機構部にはガスダンパー、押しバネ、渦巻バネなどを用いていたが TS2 では引きバネを用いた。引きバネの張力を胸を後方に押す力に変換するために、リンク構造を導入した。ステンレス製の支柱にリンク構造を組み入れたことで力の方向を変換するとともに、引きバネの張力を失うことなく、効率よく胸を後方に押す力を与えることができた。機構部には抗力調整ねじを取り付け、回転数によって引きバネの張力を簡便に調整すること



図1 TS2の外観と機構

が可能となった。また、TS2 では着脱の容易性を高めるために抗力のリリース機構を導入した。着脱時には抗力を OFF にすることで、体幹支持部を前方に倒すことが可能になった。これにより抗力を OFF にした状態で、支柱を前に倒して骨盤支持部を取り付けてから、抗力を ON にして支柱を後方に傾斜させることができるようになり、着脱の容易性が飛躍的に向上した。これらの機構を組み入れた TS2 の総重量は 0.90kg であり、これまでの試作品の中で最も軽量であったカーボン製の TS の重量 0.86 kg と比較しても遜色ない軽さであった。

TS2 で大幅な設計と仕様の変更が行われたため、以前の TS と比較して胸部を押す力が損なわれていないことを確認する必要があった。そこで、TS の効果の検証で使用した方法を利用し、装着時に胸を押す力を計測した。結果として、最大で約 45N の力を胸部に与えられることが確認され、これまでに報告した TS よりも強い力で後方に胸を押すことができていた。また胸部を押す力はねじの回転数に応じて 10-45N の範囲で段階的に調整することが可能になった。この調整域の広さによって、対象者に応じた抗力の決定が可能となった。

(2) 立位における腰部負担の評価

図 2, 3 に 3 条件の立位における腰部モーメントと脊柱起立筋の筋活動の比較をそれぞれ示す。腰部モーメントは屈曲方向のモーメントが TS2 装着時に装具なしとダーメンと比較して有意に増加した。脊柱起立筋の活動は TS 装着時に装具なしと軟性装具と比較して有意に減少した。

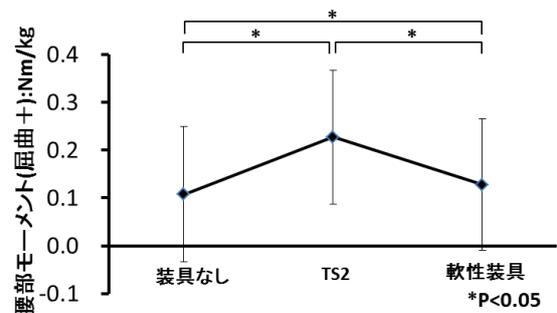


図2 静止立位時の腰部モーメントの比較

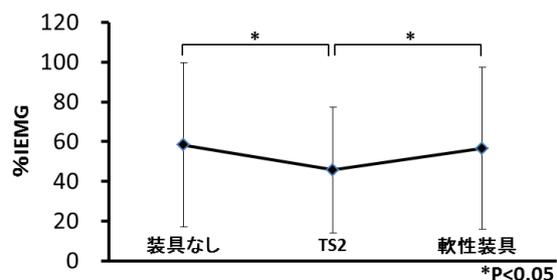


図3 静止立位時の脊柱起立筋の活動

### (3) 歩行における腰部負担の評価

図 4、5 に健常高齢者の 3 条件の歩行における腰部モーメントと図 6 に脊柱起立筋の筋活動の比較をそれぞれ示す。立脚中期、立脚後期ともに腰部モーメントの屈曲方向のモーメントは TS2 装着時に装具なしと軟性装具と比較して有意に増加し、伸展方向のモーメントは有意に減少した。立脚期の脊柱起立筋の活動は TS2 装着時に装具なしと軟性装具と比較して有意に減少した。

腰部に既往を持つ高齢者の 3 条件の歩行における腰部モーメントと脊柱起立筋の筋活動の比較の結果を以下に示す。立脚中期、立脚後期ともに腰部モーメントの屈曲方向のモーメントは TS2 装着時に装具なしと軟性装具と比較して 6 名中 5 名が増加し、伸展方向のモーメントも 6 名中 5 名が減少した。立脚期の脊柱起立筋の活動も TS2 装着時に装具なしと軟性装具と比較して 6 名中 5 名が減少した。

### (4) 体幹深部筋の評価

以下に TS2 装着の有無による腹横筋の筋厚の比較を示す。装具なしの腹横筋の筋厚は  $4.95 \pm 0.83$  mm であったのに対し、TS2 装着時

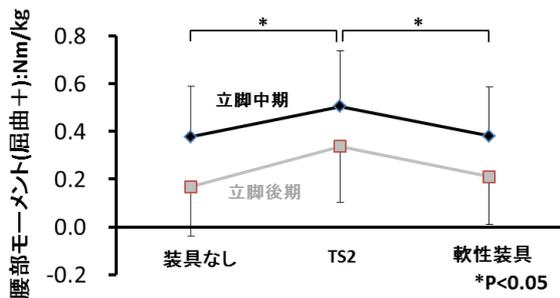


図4 歩行時の腰部屈曲モーメント

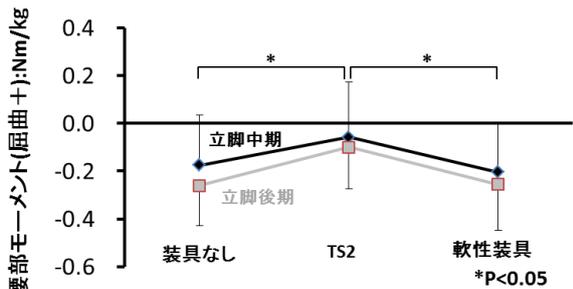


図5 歩行時の腰部伸展モーメント

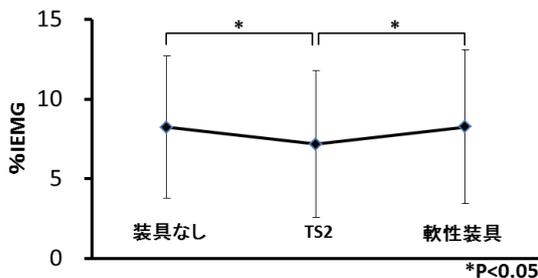


図6 立脚期の脊柱起立筋の活動

の腹横筋の筋厚は  $5.44 \pm 1.02$  mm となり有意に増加した。

### (5) 考察

臨床評価により TS の問題点を明らかとした上で改良を加えた TS2 を作製した。TS2 では TS の主機能を損なうことなく、脱着の容易性を高め、歩行時の腕の振りを妨げない位置へ機構を移動し、胸部を押す力の調整機構を設けることができた。これらの改良により実際の腰部疾患が臨床場面で TS を使いやすい条件が整ったと考えられる。

三次元動作分析装置、床反力計および筋電計を用いて静止時および歩行時における TS2 の腰部負担軽減効果を検証した結果、他の条件と比較して腰部の屈曲モーメントが増加する一方で、伸展モーメントと脊柱起立筋の活動は有意に減少した。また、腰部に既往を持つ高齢者でも同様の傾向がみられた。さらに超音波画像診断装置を用いた計測により、体幹深部筋である腹横筋の筋厚が TS2 装着時に増加することが明らかとなった。

腰部疾患を持つ者は背筋群が過活動していることが先行研究によって報告されている。腰部伸展モーメントと脊柱起立筋の活動は背筋群が発揮する力と活動を示し、これらが TS2 を装着した際にともに減少したことから、TS2 が腰部負担軽減効果を持つことが明らかとなった。一方、腰部屈曲モーメントと腹横筋はいずれも腹筋群の活動の増加を示し、これらが TS2 を装着するとともに増加したことから、TS2 は腹筋群の活動を高めながら腰部負担を軽減できる装具であることが明らかとなった。

### (6) 総括

我々が独自に開発した抗力を有する継手を具備した体幹装具 TS を臨床上で利用可能な仕様に改良し、三次元動作分析装置、筋電計、超音波診断装置それぞれから得られる腰部モーメント、腰背部の筋活動、体幹深部筋の筋厚の計測によりその効果を検証した。結果として改良された TS は健常高齢者と腰部に既往を持つ高齢者の腹筋群の活動を高め背筋群の活動を軽減できることが明らかとなった。今後はデザイン性をさらに向上させ、実用化する予定である。

### 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 1 件)

① 勝平純司、飯島進乃、安井匡、堀内和禎、中島博光、川口真枝、山本澄子、抗力を具備した継手付き体幹装具の開発と評価 第二報、日本義肢装具学会誌、査読有、29 巻、2013、104-109

〔学会発表〕（計 3 件）

① 勝平純司、安井匡、三富貴峰、中島博光、堀内和禎、山本澄子、実用性を考慮した体幹装具 Trunk Solution の開発、第 28 回日本義肢装具学会学術大会、2012

② 飯島進乃、勝平純司、安井匡、堀内和禎、中島博光、堀内和禎、丸山仁司、若江幸三良、体幹装具 Trunk Solution が高齢者の歩行に与える影響、第 28 回日本義肢装具学会学術大会、2012

③ Junji Katsuhira, Effect of a newly designed lumbosacral orthosis with joints providing resistant force on the balance performance of static standing and level walking in healthy elderly people. ISPO 2013 World Congress, 2013

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1 件）

名称：体幹装具に関する発明

発明者：勝平純司、安井匡、堀内和禎、三富貴峰

権利者：川村義肢株式会社

種類：PCT 出願

番号：F12039-PCT

出願年月日：平成 24 年 9 月

国内外の別：国外

○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

勝平 純司 (KATSUHIRA JUNJI)

国際医療福祉大学・保健医療学部・講師

研究者番号：00383117