

研究報告



形状記憶合金を用いた腰部サポーター装着による身体機能への効果 — 胸椎後弯角に着目して — *

石本聖依¹⁾・岡田泰樹²⁾・山本浩正³⁾・太田 進⁴⁾

【要 旨】

【目的】形状記憶合金を用いた腰部サポーター装着により、姿勢や歩行・バランス能力にどのような効果をもたらすかを検証することとした。【方法】対象は、健常成人群 20 名、高齢者群 19 名とした。健常成人群、高齢者群それぞれで姿勢分析、片脚立位時間、Timed Up & Go Test（以下、TUG）を行い、両群ともにサポーター装着の有無 2 条件で比較した。【結果】健常成人群ではサポーター装着により TUG 時間の有意な増加が認められたが（ $P < 0.05$ ）、高齢者群では姿勢、片脚立位時間、TUG 時間に有意な変化は認められなかった。そのため、サポーター装着によって胸椎後弯角が減少した高齢者群 14 名で追加検討した結果、片脚立位時間に有意な増加が認められた（ $P < 0.05$ ）。【結論】サポーターにより胸椎後弯角が減少した高齢者では、即時的にバランス能力が改善することが示唆された。

キーワード：腰部サポーター、胸椎後弯角、即時効果

はじめに

高齢者は加齢に伴い、胸椎後弯角が増加し¹⁾、胸椎後弯の増加は頭部前方突出、腰椎前弯の減少、骨盤後傾と関連があると報告されている²⁾³⁾。また、胸椎後弯増強例では身体動揺の増加やバランス障害を招き、転倒が生じやすいこと⁴⁾⁵⁾、さらに、体幹の前方への傾きが増すほど、あるいは脊柱の彎曲が増加するほど片脚立位時間は短くなり、10m 歩行時間が増加すること⁶⁾が報告されている。

円背患者は胸椎後弯の増加、腰椎前弯の減少により体幹前傾が進行することで、後方への足圧中心移動が小さくなり、安定性限界が低下し、静

的、動的バランス能力が低下していくと報告されている⁷⁾。また、体幹前傾の進行により、下肢の代償は大きくなり、股関節と膝関節が屈曲したアライメントでは、下肢による前方への推進力は得にくくなり、歩行速度が低下すると報告されている⁷⁾。そのため、高齢者に多くみられる腰椎後弯、胸椎後弯増加を改善していくことは、安定して歩行することや日常生活を送るために重要である。胸椎後弯や腰椎後弯のアライメントを改善する目的で胸腰部に装着するサポーターや装具が作製されている。しかし、術後の硬性装具や軟性のサポーターが中心である。硬性装具はアライメント矯正と固定による安定が目的であるため、体幹

* Effects of a lumbar support brace with shape memory alloy on physical function
— Focus on the thoracic kyphosis angle —

1) 名鉄病院 リハビリテーション科
(〒451-8511 名古屋市西区栄生 2-26-11)
Hiyori Ishimoto, PT: Department of Rehabilitation,
Meitetsu Hospital

2) 名古屋掖済会病院 リハビリテーション科
Taiki Okada, PT: Department of Rehabilitation, Nagoya
Ekisaikai Hospital

3) 名古屋大学医学部附属病院 リハビリテーション部
Hiromasa Yamamoto, PT: Department of Rehabilitation,
Nagoya University Hospital

4) 星城大学 リハビリテーション学部 理学療法学専攻
Susumu Ota, PT, PhD: Department of Rehabilitation and
Care, Seijoh University

E-mail: hi.xxx.s2@gmail.com

の回旋など体幹の可動性が必要な動作では動作制限となることが予想され、軟性サポーターは硬性装具より動きやすいが、軟性のためアライメント改善効果は少ないことが予想される。

近年、形状記憶合金を用いた腰部サポーター（夢の腰サポーター、株式会社吉見製作所）が開発された。本サポーターは、体幹の両側に形状記憶合金製の支柱が装着され、腰部の生理的前弯をサポートする構造となっている。形状記憶合金は、超弾性という特性を持ち変形角度に関係せずその復元する力が一定であり、軟性と硬度の中間の性質を持つ⁸⁾と考えられる。本サポーターの使用により、座位姿勢や持ち上げ動作が主観的に楽と感じる報告はされている⁸⁾が、サポーターが姿勢や身体機能にどのような効果をもたらすかの検証はされていない。そのため、本サポーター装着により腰椎前弯方向へのサポートをすることで、腰椎後弯と関連する胸椎後弯、骨盤後傾が減少する⁹⁾と予想し、その効果としてバランス能力、歩行速度が改善すると仮説を立てた。

以上より、本研究は、形状記憶合金を用いた腰部サポーター装着によって姿勢やバランス能力・歩行にどのような効果がもたらされるかについて検証することを目的とした。対象については、円背が少なく運動機能低下のない健康成人と、円背や運動機能低下が健康成人よりも有すると予想される地域在住高齢者における効果をそれぞれ検討した。なお、後述するがサポーターの構造上、正確な腰椎前弯角度の計測ができないため、胸椎後弯、仙骨後傾に着目した。

対象および方法

1. 対象

対象は、20歳代の星城大学学生（健康成人群）20名、星城大学リハビリテーション学部主催の地域貢献事業に参加した地域在住健康高齢者（高齢者群）19名とした（表1）。高齢者群の中で運動器疾患のある者は19名中12名（膝関節疾患7名、

腰部疾患4名、両方1名）、腰痛のある者は19名中11名であった。なお、19名中6名はWangらの先行研究¹⁰⁾の円背症例の胸椎後弯角 $58.64 \pm 10.40^\circ$ 内に該当していた。

2. 倫理的配慮

本研究は星城大学研究倫理委員会（承認番号：2019C0022）の承諾を得て行った。対象者にはあらかじめ紙面および口頭にて研究目的と方法を十分に説明し、研究協力の同意を得て実施した。

3. 研究デザインおよび方法

研究デザインは横断研究である。評価項目は、姿勢分析、高齢者のバランス能力・歩行評価で広く用いられている片脚立位時間、TUGとした。条件は、サポーターなし、サポーターありの2条件とし、計測は先行研究^{5) 11)}を参考に片脚立位時間とTUGは各2回実施し、良い方の値を採用、姿勢分析は3回実施し平均値を求めた。2条件の順番と片脚立位の支持脚は無作為化するためにランダム関数（Microsoft社、表計算ソフトエクセル）を用い実施した。

サポーターは、腹側の上・下ベルト、背側の背面ベルトからなる3本のベルトと、体の両脇にくる支柱で腰部を後方から支える構造となっている。最大の特徴として、形状記憶合金支柱は、浅く曲げても深く曲げても曲がる量に依存せず同じ力で元の形に戻る超弾性という特性を持っている。本サポーターでは1.5 mmの形状記憶合金を6本束ね360°回転させたものを用いている。

サポーターの装着方法は、仁井らの先行研究⁸⁾を参考に高さは下部ベルトの上端を上前腸骨棘の下端（図1-A）に、前後は両脇にくる両支柱を大転子の延長線上（図1-B）に合わせることで腰部サポーターが上前腸骨棘の下方、腰椎、下部肋骨にかかるように設定し、装着強度は、ばねはかりを用い背面ベルトを引くことで調節した。なお、装着強度を3, 4, 5, 6 kgとして比較したパイロット実験（ $n = 11$ ）より、4 kgで行った際に最も胸椎後弯角の減少を認め（ $n = 4$ ）、快適だと感じた人が4 kgで装着した際に最も多かった（ $n = 8$ ）ことから、背面ベルトの引っ張り強度は4 kgに設定し、装着強度を統一した。なお、本研究で使用したサポーターはベルト周径の調整は可能なもののMサイズ（支柱の長さ：28 cm、上ベルトの長さ：30-50 cm、背面ベルトの長さ：20-28 cm、下ベルトの長さ：30-50 cm）のみを使用した。

表1. 対象者の基本属性

	健康成人群 ($n = 20$)	高齢者群 ($n = 19$)
年齢 (歳)	21.4 ± 0.7	73.2 ± 5.2
性別 (男 / 女)	10 / 10	4 / 15
身長 (cm)	163.5 ± 8.5	152.6 ± 5.4
体重 (kg)	53.3 ± 6.4	52.4 ± 6.7



図 1. 形状記憶合金を用いた腰部サポーターの装着部位

A. 正面 B. 側面



図 2. ばねばかりを使用した強度の設定方法

1) 姿勢分析

脊柱計測分析器（インデックス有限会社，Spinal Mouse SPM-3.2）を用いて，矢状面での胸椎後弯角，腰椎前弯角，仙骨傾斜角を計測した．計測肢位は裸足での自然立位とした．視線は水平前方で上肢を体側に垂らし，下肢は肩幅程度に開き，母

趾の内側にテープを貼ることで位置を固定した．検者は対象者の第 7 頸椎から第 3 仙椎までの棘突起右側を計測した．なお，背面ベルトが腰椎部と重なるため，腰椎前弯角は解析から除外した．

2) TUG

最大速度で歩き，離殿から 3 m 先の印を折り返して，着座するまでの時間を計測した．左右の回り方は対象者の自由とし，2 条件間で同様の回り方とした．

3) 片脚立位時間

開始肢位は開眼，両手を胸部で交差させ，非支持脚の膝関節は 90° 屈曲位にし，裸足とした．計測終了は，120 秒間立位保持した場合，非支持脚が支持脚や床に触れた場合，支持脚の接地位置がずれた場合とした．1 回目に 120 秒間立位保持した場合，2 回目の計測は未実施とした．

4. 統計処理方法

データ解析は，健常成人群と高齢者群でそれぞれサポーター装着の有無による各評価項目の変化を検討した．また，両群間におけるサポーター装着の有無による変化量を比較した．各姿勢，運動機能の項目のサポーター装着有無の 2 条件で正規性を確認した後，正規分布のデータは対応のある t 検定を，正規分布ではないデータは Wilcoxon 順位符号付き検定を用いた．また，追加検討として高齢者群においてサポーター装着で胸椎後弯角の減少が認められた胸椎後弯角減少群と胸椎後弯角の増加が認められた胸椎後弯角増加群（変化なしを含む）に分け，比較検討した．追加検討も各姿勢，運動機能の項目のサポーター装着有無の 2 条件で正規性を確認した後，正規分布のデータは対応のある t 検定を，正規分布ではないデータは Wilcoxon 順位符号付き検定を用いた．なお，有意水準は 5% とした．統計学的処理には SPSS ver25（日本 IBM 社）を用いた．

結果

健常成人群に対するサポーター装着の効果に関して，胸椎後弯，仙骨後傾に対して，有意な減少は認められなかった．サポーター装着の有無による運動機能に対する効果に関しては，片脚立位時間では有意差は認められず，TUG 時間はサポーター装着時の方が有意に増加した（ $p = 0.027$ ）（表 2）．高齢者群においては，サポーター装着の有無により胸椎後弯，仙骨後傾および片脚立位時間，TUG に関して有意差は認められなかった（表 2）．両群間におけるサポーター装着の有無による姿勢

表2. サポーターなしとサポーターありの2条件間における姿勢および運動機能の比較

	健常成人群 (n = 20)			高齢者群 (n = 19)		
	サポーターなし	サポーターあり	p 値	サポーターなし	サポーターあり	p 値
胸椎後弯角 (°)	38.5 ± 9.0	38.4 ± 10.2	0.954	42.9 ± 8.8	40.0 ± 10.4	0.053
仙骨傾斜角 (°)	12.5 ± 7.2	11.1 ± 7.7	0.248	9.5 ± 5.6	6.7 ± 8.3	0.069
TUG (秒)	4.6 ± 0.7	4.7 ± 0.8	0.027	6.3 ± 1.5	6.1 ± 1.4	0.130
片脚立位時間 (秒)	120.0 ± 0.0	120.0 ± 0.0	—	56.7 ± 45.9	62.7 ± 46.8	0.101

TUG : Timed Up & Go Test

表3. 2群間におけるサポーターなしとサポーターありの変化量の比較

	健常成人群 (n = 20)	高齢者群 (n = 19)	p 値
胸椎後弯角 (°)	-0.1 ± 6.2	-2.8 ± 6.3	0.831
仙骨傾斜角 (°)	-10.9 ± 6.9	-2.9 ± 6.6	0.246
TUG (秒)	0.1 ± 0.3	-0.2 ± 0.4	0.517
片脚立位時間 (秒)	0.0 ± 0.0	5.9 ± 14.1	0.529

TUG : Timed Up & Go Test

表4. 高齢者群における胸椎後弯角減少群と胸椎後弯角増加群の比較

	胸椎後弯角減少群 (n = 14)			胸椎後弯角増加群 (n = 5)		
	サポーターなし	サポーターあり	p 値	サポーターなし	サポーターあり	p 値
胸椎後弯角 (°)	43.4 ± 9.0	38.0 ± 9.9	0.001	42.3 ± 8.9	47.1 ± 9.1	0.043
仙骨傾斜角 (°)	9.5 ± 5.0	8.3 ± 6.5	0.242	7.7 ± 5.6	-0.1 ± 8.8	0.192
TUG (秒)	6.2 ± 1.1	6.1 ± 1.0	0.474	6.6 ± 2.4	6.2 ± 2.0	0.185
片脚立位時間 (秒)	55.3 ± 44.5	66.0 ± 43.3	0.008	60.7 ± 49.3	53.5 ± 54.4	0.204

TUG : Timed Up & Go Test

分析, 片脚立位時間, TUG の変化量を比較したが, 有意差は認められなかった (表3)。

追加検討として, 高齢者群 19 名をサポーター装着により胸椎後弯角が減少した 14 名 (胸椎後弯角減少群) と増加した 5 名 (胸椎後弯角増加群) に分け, 比較検討を行った。その結果, 胸椎後弯角減少群において片脚立位時間の有意な増加 ($p = 0.008$) が認められた (表4)。

考察

健常成人群においてサポーター装着による胸椎後弯, 仙骨後傾減少の有意な効果は得られず, 運動機能に関しては TUG 時間の有意な延長を認めた。本研究で対象とした健常成人群のサポーターなし条件では, 胸椎後弯角が $38.5 \pm 9.0^\circ$ であった。Wang らの先行研究¹⁰⁾ から健常者の平均が $39.24 \pm 4.22^\circ$, 円背を有する対象者は 58.64

$\pm 10.40^\circ$ であることが報告されていることから本研究で対象とした健常成人群の胸椎後弯角は正常範囲内もしくは明らかな円背ではないと考えられた。運動器に大きな障害のない健常成人において, 超弾性のある腰部サポーターを用いても姿勢や運動機能向上に効果がなく, むしろ TUG 時間の 0.1 秒の有意な増加を認めた。健常成人において, 本サポーターは腰部への力学的制限となり, TUG 動作の起立・歩行・方向転換のいずれかの動作もしくは全体を通して動作時間を遅らせる原因になったと考えられた。

高齢者群においては, 胸椎後弯, 仙骨後傾および片脚立位時間, TUG においてすべて有意差はなく, 改善が得られなかった。

以上の結果の中でサポーター装着により高齢者群 19 名において平均 $2.9 \pm 1.6^\circ$ の胸椎後弯角減少が認められたが, 危険率は 10% 未満ではあるも

の有意差を認めなかった。そのため、追加検討としてサポーター装着により胸椎後弯角が減少した14名（胸椎後弯角減少群）と増加した5名（胸椎後弯角増加群）に分け、比較検討した。結果として、胸椎後弯角減少群（ $n = 14$ ）ではサポーター装着により胸椎後弯角が平均 $43.4 \pm 9.0^\circ$ から $38.0 \pm 9.9^\circ$ へ減少し、片脚立位時間では 55.3 ± 44.5 秒から 66.0 ± 43.3 秒と有意な増加が認められた。胸椎後弯角が増加した姿勢は、重心の前方移動を招き、バランスの不安定さを引き起こすと報告されている¹²⁾。生理的な脊柱アライメントを促す胸椎装具を用いた先行研究¹³⁾では、装具装着により脊柱に伸展モーメントを発生させ、前方移動した重心を支持基底面内に維持し、バランス能力を改善させると報告している。先行研究¹³⁾の装具は胸椎に直接、力を加える構造となっているのに対し、本研究では、腰部を後方から形状記憶合金の超弾性により前方に力を加える構造であるが、高齢者群において19名中14名（74%）で胸椎後弯角が減少し、それに伴う片脚立位時間で計測されるバランス能力が改善したことが推察される。

胸椎後弯角減少に対する治療として、装具療法その他、運動療法が挙げられている。ストレッチや背筋筋力強化等を組み合わせた運動療法を行った先行研究¹³⁾によると、1回1時間の運動療法を週3回、2ヵ月間の実施により、胸椎後弯角が約 3° 減少したと報告されている。表3から、本研究で使用したサポーターを装着することで即時的な効果として先行研究¹³⁾と同様の胸椎後弯角減少が得られることが示された。しかし、追加検討を行った胸椎後弯角減少群の元々の胸椎後弯角が、 $43.4 \pm 9.0^\circ$ であったのに対し、先行研究¹³⁾では $57.0 \pm 5.0^\circ$ と、対象者の元々の胸椎後弯角に違いがみられた。今後は軽度から重度の幅広い胸椎後弯症例を含め、どのような対象者に有効か検討していく必要がある。

本研究の限界として、今回使用したサポーターを1サイズのみを用いて研究を行ったため、体格差による適合性の違いが生じた点が挙げられる。また、レントゲン画像などによる画像診断結果がないため実際の病態や骨性制限またその部位を考慮した本サポーターの効果や適応について検討ができず、本研究の限界と考えられる。

今後の課題として、使用するサポーターのサイズを増やし適合性を高めること、円背で運動機能が低下した高齢者を対象とすること、また、今回解析から除外した腰椎角度の計測方法を検討する

必要がある。さらに、サポーター装着による身体活動量を含む長期的効果や装着率に関する再検討が必要である。

結論

形状記憶合金を用いた腰部サポーターの装着により、健康成人群ではTUGにおいて有意な時間の増加が認められた。高齢者群では姿勢、身体機能に有意な効果は得られなかった。しかし、サポーター装着により胸椎後弯角が減少した高齢者では即時的に片脚立位時間が増加した。

謝辞

本研究のデータ収集にご協力いただいた対象者の皆様、ならびにご指導いただきました先生方に心より感謝致します。なお、本研究に関して開示すべき利益相反はない。

【文 献】

- 1) Granito RN, Aveiro MC, et al.: Degree of thoracic kyphosis and peak torque of trunk flexors and extensors among healthy women. *Rev Bras Ortop.* 2014; 49 (3) : 286-291.
- 2) 太田進, 後藤寛司・他: 高齢者における頭頸部を含めた姿勢と運動機能の関連. *臨床バイオメカニクス.* 2012; 33: 115-120.
- 3) Ota S, Goto H, et al.: Relationship between standing postural alignments and physical function among elderly women using day service centers in Japan. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2015; 28: 111-117.
- 4) Sinaki M, Brey RH, et al.: Balance disorder and increased risk of falls in osteoporosis and kyphosis: significance of kyphotic posture and muscle strength. *Osteoporos Int.* 2005; 16 (8) : 1004-1010.
- 5) Ota S, Goto H, et al.: Relationship between standing postural alignments and physical function among elderly women using day service centers in Japan. *J Back Musculoskeletal Rehabilitation.* 2015; 28: 111-117.
- 6) 坂光徹彦, 浦辺幸夫・他: 脊柱後彎変形とバランス能力および歩行能力の関係. *理学療法科学.* 2007; 22 (4) : 489-494.
- 7) 森藤武, 嶋田智明・他: 脊柱後彎変形患者における脊柱伸展可動性とバランス, 歩行能力との関係. *理学療法科学.* 2010; 25 (5) : 735-739.

- 8) 仁井貴文, 太田進・他: Ti-Ni超弾性合金を用いた補助具の研究・開発. 日本機械学会東海支部第66期総会・講演会講演論文集. 2017.
- 9) Takada N, Kobayashi T, et al.: Changes in the sagittal spinal alignment of the elderly without vertebral fractures: a minimum 10-year longitudinal study. *J Orthop Sci.* 2009; 14: 748-753.
- 10) Wang HJ, Giambini H, et al.: A modified sagittal spine postural classification and its relationship to deformities and spinal mobility in a chinese osteoporotic population. *PloS One.* 2012; 7 (6): e38560.
- 11) 岸本智也, 河村顕治・他: 高齢女性における立位矢状面アライメントとバランス能力との関係. *理学療法科学.* 2018; 33 (4): 555-559.
- 12) Azadinia F, Kamyab M, et al.: The effects of two spinal orthoses on balance in elderly people with thoracic kyphosis. *Prosthet Orthot Int.* 2013; 37 (5): 404-410.
- 13) Renno ACM, Granito RN, et al.: Effects of an exercise program on respiratory function, posture and on quality of life in osteoporotic women: a pilot study. *Physiotherapy.* 2005; 91: 113-118.