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

Relationship between Standing Postural Alignments and Balance Ability in Elderly Females

岸本 智也^{1,2)} 河村 顕治³⁾ 中嶋 正明³⁾ 森下 元賀³⁾

TOMOYA KISHIMOTO, RPT, MS^{1,2)}, KENJI KAWAMURA, MD³⁾, MASAOKI NAKASHIMA, PhD³⁾,
MOTOYOSHI MORISHITA, PhD³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Watanabe Hospital: 2278-1 Takao, Niimi-shi, Okayama 718-0003, Japan TEL +81 86-772-2123
E-mail: abeta09220507@gmail.com

²⁾ Graduate School of Faculty of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare

³⁾ School of Health Science, Kibi International University

Rigakuryoho Kagaku 33(4): 555-559, 2018. Submitted Jan. 22, 2018. Accepted Feb. 27, 2018.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to investigate the relationship between standing sagittal alignment and balance ability in elderly females. [Subjects and Methods] The subjects were 26 elderly females. Standing sagittal alignment (trunk inclination angle, thoracic kyphosis angle, lumbar kyphosis angle, lumbosacral angle, hip flexion angle, knee flexion angle, and ankle extension angle) and balance ability (Timed up and go test, tandem posture with eyes open) were measured. [Results] Trunk inclination angle, lumbar kyphosis angle, hip flexion angle, and knee flexion angle were significantly related to the Timed up and go test result. Lumbar kyphosis angle, hip flexion angle, and knee flexion angle were significantly related to tandem posture with eyes open. [Conclusion] As lumbar kyphosis angle, trunk inclination angle, hip flexion angle, and knee flexion angle increased, balance ability declined.

Key words: elderly female, standing sagittal alignment, balance ability

要旨:〔目的〕立位矢状面アライメントとバランス能力との関係を検討すること。〔対象と方法〕対象は高齢女性 26 名とした。立位矢状面アライメントに関して、脊柱は仙骨傾斜角、胸椎・腰椎後弯角、脊柱前傾角、下肢は股関節・膝関節屈曲角、足関節底屈角を測定した。また、バランス能力に関して、タンデム立位時間と Timed Up & Go test (TUG) を測定した。〔結果〕腰椎後弯角、脊柱前傾角、股関節屈曲角、膝関節屈曲角は TUG と正の相関を認め、腰椎後弯角、股関節屈曲角、膝関節屈曲角はタンデム立位時間と負の相関を認めた。〔結語〕高齢女性において、腰椎後弯角、脊柱前傾角、股関節屈曲角、膝関節屈曲角が増加するほど、バランス能力が低下する可能性が示唆された。

キーワード: 高齢者、立位矢状面アライメント、バランス能力

¹⁾ 医療法人思誠会渡辺病院 リハビリテーション科：岡山県新見市高尾 2278-1 (〒718-0003) TEL 086-772-2123

²⁾ 川崎医療福祉大学 医療技術学研究科

³⁾ 吉備国際大学大学院 保健科学研究科

I. はじめに

加齢に伴う高齢者の特徴的な姿勢変化として、円背といわれる脊柱後弯姿勢がよくみられる。高齢者における脊柱アライメントとバランス能力との関係を報告した文献は散見されており^{1,2)}、胸腰椎の後弯や体幹前傾が増加するほど、バランス能力や歩行能力が低下するなどの報告がされている³⁾。これらの報告は脊柱アライメントとバランス能力との関係のみを検討したものである。しかしながら、加齢に伴う脊柱アライメントの変化は隣接する骨盤や下肢関節アライメントへも波及するとされている⁴⁾。先行研究において、脊柱アライメントとバランス能力との関係を検討する際に下肢アライメントも含めた評価、検討を実施している報告は数少ない⁵⁾。

そこで、本研究では高齢女性の安静立位時の脊柱アライメント、および下肢関節角度を測定することで立位矢状面アライメントとバランス能力との関係について検討することを目的とした。立位矢状面アライメントとバランス能力との関係を明らかにすることにより、転倒予防や転倒リスク軽減の一助になる可能性があると考えた。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、山間部地域の病院に入院、あるいは通院している高齢女性26名で、年齢 82.3 ± 4.9 歳、身長 146.7 ± 5.8 cm、体重 50.8 ± 11.3 kg、BMI 23.2 ± 4.4 kg/m²（平均値 $\pm$ 標準偏差）である。取り込み基準は、病態が安定しており主治医より安静度の制限を受けていない者、障害老人の日常生活自立度（寝たきり度）判定基準⁶⁾がJ1からA2の歩行補助具なしでの歩行が可能である者とした。除外基準は、疼痛の訴えがある者、脊柱に整形外科的な手術の既往がある者、中枢疾患が既往にある者、著明な視力障害、前庭機能障害、感覚障害がある者、本研究の趣旨と測定方法の理解が困難な者とした。

対象の主な疾患名は変形性脊椎症11名、変形性膝関節症7名、運動器不安定症3名、疾患なしの検査入院3名、呼吸器疾患2名であった。対象者のうち胸椎圧迫骨折、あるいは腰椎圧迫骨折を既往に有する者は4名であった。

全ての対象者に研究目的と内容、手順を文書と口頭により説明し、十分な理解を得たうえで、書面にて同意を得た。なお、本研究は吉備国際大学倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号15-22）。

2. 方法

研究デザインは横断研究で行い、評価項目は基本属性、医学的属性、姿勢、バランス能力、下肢筋力とした。基本属性と医学的属性については、年齢、身長、体重、

BMI、日常生活自立度、主な疾患名、既往歴を抽出した。

姿勢の評価に関しては、対象者に安楽な立位姿勢をとらせた状態で測定を実施した。脊柱アライメントは、体表上から脊柱の角度を測定できる脊柱計測分析器（Spinal Mouse[®]、index社製）を使用した。このSpinal Mouse[®]は脊柱の弯曲、および傾斜角度を身体背部の体表から測定できる機器であり、得られた測定値の信頼性についてはすでに確認されている⁷⁾。測定条件は肌着1枚を着用して安楽な立位を保持させ、第1胸椎から第3仙椎までの棘突起上にセンサー部を当て頭側から尾側の方向へローラーを移動させて測定した。第1胸椎と第1仙椎を結ぶ直線が床面の鉛直線となす角度を脊柱前傾角、第1胸椎から第12胸椎までの上下椎体間がなす角度の総和を胸椎後弯角、第1腰椎から第5腰椎までの上下椎体間がなす角度の総和を腰椎後弯角、第1仙椎と第3仙椎を結ぶ直線が床面との鉛直線となす角度を仙骨傾斜角とした。測定は3回実施し、その平均値を解析に採用した。角度は正が胸椎後弯、腰椎後弯、脊柱前傾、仙骨前傾を表すものとし、負が胸椎前弯、腰椎前弯、脊柱後傾、仙骨後傾を表すものとした。

下肢アライメントは、下肢筋力を測定した側（ボールを蹴る方の下肢、最大努力下での等尺性膝関節伸展運動の際に疼痛が出現する場合は反対側の下肢）の骨指標にカラーマーカーをつけ、垣川らの方法⁸⁾に準じて対象者のつま先から2m50cmの離れた距離、1mの高さに設定したデジタルカメラ（CORP. DSC-TX 30、SONY社製）で撮影した。骨指標は上前腸骨棘、上後腸骨棘、大転子、大腿骨外側顆（膝関節中心）、腓骨外果、第5中足骨頭とし、撮影後に画像処理ソフトウェア（ImageJ ver 1.48、フリーソフト）を用いて股関節屈曲角（大転子を通る床への垂直線と大転子、大腿骨外側顆の中心を結ぶ線とのなす角度）、膝関節屈曲角（大転子、大腿骨外側顆の中心を結ぶ線と大腿骨外側上顆、腓骨外果を結ぶ線とのなす角度）、足関節底屈角（大腿骨外側上顆、腓骨外果を結ぶ線と腓骨外果、第5中足骨頭を結ぶ線とのなす角度）を算出した。マーカー取り付け位置と測定角度を図1に示す。角度は正が股関節屈曲、膝関節屈曲、足関節底屈を表すものとした。

バランス能力の評価に関しては、タンデム立位時間とTUGを測定した。タンデム姿勢は立位にて前方肢の踵に後方肢のつま先が接触した状態と定義した。平行棒内において両手で平行棒を把持した状態からタンデム姿勢をとり、上肢の支持がなくなってからバランスを崩し、再び上肢で支持を行うか、前後肢いずれかが所定の位置から移動した時点までの時間をストップウォッチで測定した。測定は前方肢を左右入れ替え、それぞれ2回ずつ測定を行い、最長保持時間を解析に採用した。測定時間は1分間を上限とした。TUGは背もたれ肘付き椅子を設置し、3m前方にポールを立て、対象者が椅子から立

図1 下肢アライメントのマーカ取り付け位置と測定角度

ち、歩行し、ボールを回って椅子に座るまでの時間をストップウォッチにて測定した⁹⁾。椅子から立つ定義は、座面から殿部が離れたときとし、座る定義は、座面に殿部が接触したときとした。この際、歩行補助具は使用せず、快適歩行速度（普通に安全に歩ける速度）で歩行するよう指示をした。測定は2回行い、最速値を解析に採用した。

下肢筋力の評価に関しては、等尺性膝関節伸展筋力を等尺性筋力測定器（isoforce GT-330、オージー技研製）を使用して測定した。測定肢位は座位にて身体が動かないように骨盤と大腿部を非伸縮性のバンドで固定し、膝関節屈曲 60° 位で測定パットに下腿遠位端を固定して測定を行った。測定パットを5秒間最大努力下で等尺性に押した力を測定した。測定はボールを蹴る方の下肢とし、最大努力下での等尺性膝関節伸展運動の際に疼痛が出現する場合は反対側の下肢で測定した。測定は3回行い、最大値を体重で除した値を解析に採用した。

統計的解析には統計解析ソフト（SPSS Statistics ver. 23, IBM 社製）を用いた。立位矢状面アライメントとバランス能力との関連を明らかにするために、仙骨傾斜角、胸椎後弯角、腰椎後弯角、脊柱前傾角、股関節屈曲角、膝関節屈曲角、足関節背屈角、等尺性膝関節伸展筋力とタンデム立位時間、TUG との関係 Pearson の相関係数を用いて検討を行った。また、立位矢状面の各関節角度における相互の関係性を明らかにするために、仙骨傾斜角、胸椎後弯角、腰椎後弯角、脊柱前傾角、仙骨傾斜角、股関節屈曲角、膝関節屈曲角、足関節底屈角それぞれを Pearson の相関係数を用いて検討を行った。いずれも有意水準は5%とした。

表1 対象者の基本属性と測定結果

	対象者 (26 名)
年齢 (歳)	82.3 ± 4.9
身長 (cm)	146.7 ± 5.8
体重 (kg)	50.8 ± 11.3
BMI (kg/m ²)	23.2 ± 4.4
タンデム立位保持時間 (秒)	27.0 ± 18.6
TUG (秒)	10.9 ± 2.6
骨盤傾斜角 (°)	-1.2 ± 9.5
胸椎後弯角 (°)	33.7 ± 17.9
腰椎後弯角 (°)	3.4 ± 17.8
脊柱前傾角 (°)	10.7 ± 9.8
股関節屈曲角 (°)	21.2 ± 7.7
膝関節屈曲角 (°)	11.5 ± 8.1
足関節背屈角 (°)	9.8 ± 6.1
膝関節伸展筋力 (N/kg)	4.5 ± 1.3

平均値 ± 標準偏差。

表2 バランス能力と立位矢状面アライメントとの相関関係

	タンデム立位保持時間	TUG 所要時間
骨盤傾斜角	0.19	-0.041
胸椎後弯角	0.46**	0.17
腰椎前弯角	-0.36*	0.40*
脊柱前傾角	-0.24	0.42**
股関節屈曲角	-0.36*	0.46**
膝関節屈曲角	-0.45**	0.37*
足関節背屈角	0.35*	-0.16
膝関節伸展筋力	0.25	-0.21

**p<0.01, *p<0.05.

III. 結 果

対象者の基本属性と測定結果を表1に示す。立位矢状面アライメントとバランス能力との関係を表2に示す。腰椎後弯角、脊柱前傾角、股関節屈曲角、膝関節屈曲角はTUGと有意な正の相関を認めた（それぞれ $r=0.40$, $r=0.42$, $r=0.46$, $r=0.37$ ）。胸椎後弯角、足関節背屈角はタンデム立位時間と有意な正の相関を認め（それぞれ $r=0.46$, $r=0.35$ ）、腰椎後弯角、股関節屈曲角、膝関節屈曲角はタンデム立位保持時間と有意な負の相関を認めた（それぞれ $r=-0.36$, $r=-0.36$, $r=-0.45$ ）。膝関節伸展筋力とバランス能力との間に有意な相関関係はみられなかった。各関節角度相互の関連を表3に示す。仙骨傾斜角と腰椎後弯角（ $r=-0.50$ ）、胸椎後弯角と腰椎後弯角、股関節屈曲角（それぞれ $r=-0.58$, $r=-0.48$ ）、膝関節屈曲角と足関節底屈角（ $r=-0.58$ ）に有意な負の相関を認め、腰椎後弯角と脊柱前傾角、股関節屈曲角（それぞれ $r=0.68$, $r=0.49$ ）、脊柱前傾角と股関節屈曲角（ $r=0.63$ ）、股関節屈曲角と膝関節屈曲

表3 各関節角度の相関関係

	骨盤傾斜角	胸椎後弯角	腰椎後弯角	脊柱前傾角	股関節屈曲角	膝関節屈曲角	足関節底屈角
骨盤傾斜角	—	—	—	—	—	—	—
胸椎後弯角	0.053	—	—	—	—	—	—
腰椎後弯角	-0.50*	-0.58**	—	—	—	—	—
脊柱前傾角	0.20	-0.31	0.68**	—	—	—	—
股関節屈曲角	0.13	-0.48*	0.49*	0.63**	—	—	—
膝関節屈曲角	-0.092	-0.27	0.36	0.36	0.80**	—	—
足関節底屈角	0.12	0.034	0.0070	0.064	-0.22	-0.58**	—

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$.

角 ($r=0.80$) に有意な正の相関関係を認めた。

IV. 考 察

本研究では、高齢女性の立位矢状面アライメントとバランス能力との関係について検討を行った。その結果、腰椎後弯角、脊柱前傾角、股関節屈曲角、膝関節屈曲角が増加するほど、TUG 所要時間が増加することが示された。また、腰椎後弯角、股関節屈曲角、膝関節屈曲角が増加し、胸椎後弯角が減少するほど、タンデム立位保持時間が短縮することが示された。これらをまとめると、腰椎後弯角、脊柱前傾角、股関節屈曲角、膝関節屈曲角が大きくなり、胸椎後弯角が小さくなるほど、バランス能力が低下するということになる。本研究における脊柱アライメントとバランス能力との関係については、胸腰椎後弯や脊柱前傾が増加するほど、バランス能力が低下するとして宮崎ら¹⁾や坂光ら³⁾の報告を概ね支持するものであった。一方、本研究では下肢関節である股関節屈曲角や膝関節屈曲角とバランス能力との間にも関連を認め、脊柱アライメントである胸椎後弯角、腰椎後弯角、脊柱前傾角と下肢アライメントである股関節屈曲角との間に関連を認めた。これらのことから、高齢女性におけるバランス能力は脊柱アライメントのみでなく、下肢アライメントとも関連しており、脊柱と下肢アライメントとの間にも関連があることが示唆される。

まず、脊柱アライメントである胸椎後弯角、腰椎後弯角、脊柱前傾角とバランス能力との間に関連がみられた原因に関して考察する。腰椎に関して Hasday ら¹⁰⁾や Lord ら¹¹⁾の報告によると、腰椎前弯の消失は、胸椎 flat back、重心線の前方移動を引き起こし、体幹バランスが不安定になると述べている。本研究において腰椎後弯角と脊柱前傾角との間に正の相関関係を認めており、腰椎後弯や脊柱前傾の増大は重心線の前方移動を引き起こし、バランス能力の低下を生じる可能性が考えられる。一方で、胸椎後弯角は、タンデム立位保持時間と正の相関関係を認めている。つまり、胸椎後弯角が大きくなるほど、タンデム立位保持時間は長くなるということを示している。金村ら¹²⁾は、胸椎後弯と腰椎前弯に正

の相関関係があると報告している。本研究においても胸椎後弯角と腰椎後弯角は負の相関関係を認めている。これらのことから、腰椎後弯角とバランス能力との間に関連があり、腰椎後弯角と胸椎後弯角との間に負の相関があるため、胸椎後弯角とタンデム立位保持時間は有意な正の相関を認めたと考える。さらに、本研究において膝関節伸展筋力とバランス能力との間に相関関係を認めなかった。その要因として、膝関節伸展筋力のばらつきの少なさが考えられる。本研究では対象者の取り込み基準を障害老人の日常生活自立度（寝たきり度）判定基準⁶⁾が J1 から A2 の者としており、対象者間の膝関節伸展筋力に大きな差が生じなかったことでバランス能力との間に関連がみられなかったと考える。

次に、下肢アライメントである股関節屈曲角、膝関節屈曲角とバランス能力との間に関連がみられた原因に関して考察する。本研究では股関節屈曲角、膝関節屈曲角が大きくなるほど、言い換えれば下肢関節が屈曲するほど、バランス能力が低下するという結果を示した。タンデム立位保持のような静止立位時のバランスに関して、バランスが崩れた際に転倒しないように立位姿勢を立て直すバランス反応には、足関節の運動によって重心を支持基底面内にとどめる足関節戦略 (ankle strategy)、股関節の運動によるものを股関節戦略 (hip strategy)、片足を踏み出す運動によるものを足踏み戦略 (stepping strategy) の大きく3つのパターンがある¹³⁾。しかしながら、下肢関節が屈曲位をとっている状態では、姿勢制御の際に必要な下肢関節の自由度が制限され、バランス能力が低下する可能性が考えられる。また、TUG は、立ち上がり・座り込み、3 m の歩行、方向転換の要素を含んでいる⁹⁾。歩行能力とバランス能力との関係を検討した報告では、高齢者において最大歩行速度は各種バランス検査のなかで TUG と最も強い相関関係を認めている¹⁴⁾。歩行速度はスライド長とケーデンスによって決定され、スライド長は歩幅に影響を受ける。歩幅を決定する要因として、歩行時に支持脚の支持面を越えて体幹の重心を前方へ運ぶターミナルスタンスにおける股関節の伸展が挙げられる¹⁵⁾。下肢関節屈曲にて歩行することでターミナルスタンスにおける股関節伸展が得られず、

歩幅は減少して歩行速度も低下することが考えられる。これらの原因により、本研究においても歩行の要素が含まれ、歩行能力と比較的強い関連性をもつ TUG と下肢アライメントとの間に相関関係がみられたと考える。

本研究の結果から高齢女性の立位矢状面アライメントにおいて、脊柱アライメントでは腰椎後弯角と脊柱前傾角が大きくなるほど、下肢アライメントでは股関節屈曲角と膝関節屈曲角が大きくなるほど、バランス能力が低下することが示唆された。一方で、バランス能力に關係が深いとされる膝関節伸展筋力において相関関係を認めなかった。これらのことから、高齢女性における立位矢状面のアライメントは膝関節伸展筋力とは独立してバランス能力と関係していることが示唆され、立位アライメントを評価することで転倒予防や転倒予測の一助になる可能性が考えられる。しかしながら、本研究ではバランス能力の評価時に重心位置や動作解析などを同時に評価していないため、これらの考察は推察の域にとどまり、今後は重心位置の測定や動作解析など多面的な評価を含めた研究を行っていく必要がある。

本研究では、高齢女性の立位矢状面における各関節角度の相互関係についても検討を行った。その結果、仙骨傾斜角と腰椎後弯角、胸椎後弯角と腰椎後弯角・股関節屈曲角、腰椎後弯角と脊柱前傾角・股関節屈曲角、脊柱前傾角と股関節屈曲角、股関節屈曲角と膝関節屈曲角、膝関節屈曲角と足関節底屈角に有意な相関関係を認めた。加齢によってアライメントの変化は生じるが、重心位置は変化がみられないとの報告から¹⁶⁾、身体では重心位置の安定性を最優先し、安定性を得るために隣接する関節は互いに代償し合う関係にあることが推察される。本研究においても、隣接する関節は相関関係を認めている。一方で、脊柱アライメントと下肢アライメントとの間にも関連があることが報告されている。Harato¹⁷⁾は、健常高齢女性に膝装具を着用して膝関節屈曲30°の状態における立位姿勢の脊柱アライメントを評価している。その結果、装具を着用しないとときと比較して、骨盤後傾と体幹前傾が生じたと報告している。また、Ota¹⁸⁾は、腰椎の弯曲と膝関節の屈曲角度との間に相関関係を認めたと報告している。これは脊柱の屈曲変形により前屈みになった脊柱を立て直すために骨盤を後傾させたり、下肢関節を屈曲したりすることが原因と考えられ、脊柱アライメントは下肢アライメントとも関連していることが示唆される。この結果から、矢状面における立位姿勢の修正を行う際に脊柱アライメントのみでなく、下肢アライメントにも着目する必要があると考える。しかしながら、本研究は横断的な評価であり、各関節角度における相互の因果関係を証明することはできないため、今後は長期的な縦断研究の実施により因果関係

の証明や最もバランス能力に影響を与える要因の検討が必要である。

利益相反 本研究に関連する利益相反はない。

引用文献

- 1) 宮崎純弥, 村田 伸, 大田尾 浩・他: 男性高齢者の矢状面アライメントと身体機能の関係. 理学療法科学, 2009, 24: 907-911.
- 2) Antonelli-Incalzi R, Pedone C, Cesari M, et al.: Relationship between the occiput-wall distance and physical performance in the elderly: a cross sectional study. Aging Clin Exp Res, 2007, 19: 207-212.
- 3) 坂光徹彦, 浦辺幸夫, 山本圭彦・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: 489-494.
- 4) 仲田和正: 高齢者の姿勢. 医学のあゆみ, 2011, 5: 482-486.
- 5) Ota S, Goto H, Noda Y, et al.: Relationship between standing postural alignments and physical function among elderly women using day service centers in Japan. J Back Musculoskeletal Rehabil, 2015, 28: 111-117.
- 6) 厚生省大臣官房老人保健福祉部保健課: 障害老人の日常生活自立度(寝たきり度)判定基準作成報告書. www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou.../0000077382.pdf (閲覧日2016年9月3日).
- 7) Mannion AF, Knecht K, Balaban G, et al.: A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental range of motion of the spine. Spine J, 2004, 13: 122-136.
- 8) 垣川博巳, 熱田裕司, 小林徹也・他: 脊柱矢状面alignmentの加齢変化と体幹機能の関係. 脊椎脊髄ジャーナル, 2007, 20: 416-420.
- 9) 内山 靖, 小林 武, 潮見泰蔵: 臨床評価指標入門. 協同医書出版, 東京, 2003, pp109-114.
- 10) Hasday CA, Passoff TL, Perry J: Gait abnormalities arising from iatrogenic loss of lumbar lordosis. Spine, 1984, 8: 501-511.
- 11) Lord MJ, Small JM, Dinsay JM, et al.: Lumbar lordosis. Effects of sitting and standing. Spine, 1997, 22: 2571-2574.
- 12) 金村徳相, 今釜史郎: 胸椎から骨盤までの日本人の立位脊柱アライメントとその基準. 関節外科, 2009, 28: 558-567.
- 13) 中村隆一, 齋藤 宏, 長崎 浩: 基礎運動学, 第6版補訂. 医歯薬出版, 東京, 2012, pp351-352, 368-369.
- 14) 猪飼哲夫, 辰濃 尚, 宮野佐年: 歩行能力とバランス機能の関係. リハビリテーション医学, 2006, 43: 828-833.
- 15) Götz-Neumann K: 観察による歩行分析. 月島慶一・他(監訳), 医学書院, 東京, 2005, p16.
- 16) 原田 孝, 茂手木三男, 岡島行一・他: 高齢者の姿勢—脊柱変形と重心線の位置. 総合リハ, 1994, 22: 133-136.
- 17) Harato K, Nagura T, Matsumoto H, et al.: A gait analysis of simulated knee flexion contracture to elucidate knee-spine syndrome. Gait Posture, 2008, 28: 687-692.