椅子からの立ち上がりにおける若年者と高齢者の 体幹と下肢の動きの関係

The Relationship of Lower Limb and Trunk Movements in Sit-to-Stand Performed by the Young and Elderly

野澤 涼¹⁾ 山本 澄子²⁾

RYO NOZAWA¹⁾, SUMIKO YAMAMOTO²⁾

¹⁾ Rishokoseikai Hospital: 5-25-15 Yayoicho, Nakano-ku, Tokyo, 164-0013, Japan. TEL+81 3-3383-1281
E-mail: nozawaryo@yahoo.co.jp

²⁾ International University of Health and Welfare Graduate School

Rigakuryoho Kagaku 27(1): 31-35, 2012. Submitted Jun. 24, 2011. Accepted Sep. 7, 2011.

ABSTRACT: [Purpose] In sit-to-stand, the center of gravity (COG) is transferred from the buttocks to the narrow base of support of the feet, and raising the COG to the standing position is an action with a large dynamic demand, in which the motion of the trunk becomes important for COG transfer. The purpose of this study was to clarify, using young and elderly subjects, how the anterior movement of the trunk (split into trunk and pelvis segments) and lower limb joint movements influence the sit-to-stand action. [Method] Using a 3D motion analysis system and a force plate, we derived the angles of greatest trunk flexion (TA) and pelvic anterior inclination (PA), the fastest speed of center of mass motion (VCM), the absolute angles of the trunk and pelvis segments (TAA and PAA) and the relative angle of the trunk segment to the pelvis (RA) at the moment of buttocks lift-off, as well as the hip and knee joint moments at maximum extension (HM and KM). To find the differences between the actions of the young and the elderly we calculated the correlations between these items. [Results] For the young persons, we found significant negative correlations between KM and TA and RA of maximum flexion, and for the elderly, we found significant negative correlations between KM and TA and PA. In addition, despite the absence of differences in time taken for sit-to-stand, VCM in the forward direction of the elderly was faster than that of the young. [Conclusion] These results suggest the elderly use anterior inclination, and trunk and pelvis flexion to raise the speed of the center of mass (COM) in the forward direction to enable them to raise their COM, whereas the young use anterior inclination of the trunk segment to enable them to raise their COM.

Key words: motion analysis, sit-to-stand, trunk

要旨:〔目的〕椅子からの立ち上がりは臀部から足部のみの狭い支持基底面へ重心移動させる、そして重心を立位まで上昇させるという力学的要求が大きい動作であり、重心の移動には体幹の動きが重要となってくる。そこで今回は、若年者と高齢者を対象とし、胸部と骨盤に分けた体幹部位の前傾運動と下肢関節運動が椅子からの立ち上がり動作にどのように影響を及ぼすかを明らかにすることを目的として研究を行った。〔方法〕三次元動作解析装置と床反力計を使用し、胸部最大屈曲角度、骨盤の最大前傾角度、身体重心の最大移動速度、臀部離床時の胸部と骨盤の絶対角度、骨盤に対する胸部の相対角度、股関節、膝関節の最大伸展モーメントを算出し、若年者と高齢者の違いを知るために、これらの項目間の相関を求めた。〔結果〕若年者では胸部の最大屈曲角度、骨盤に対する胸部の相対角度の最大屈曲角度と膝関節最大伸展モーメントに有意な負の相関が見られ、高齢者では胸部の最大屈曲角度、骨盤の最大前傾角度と膝関節最大伸展モーメントにそれぞれ有意な負の相関が見られた。また立ち上がりに要した時間に違いが無いにもかかわらず、身体重心の進行方向の最大移動速度は若年者と比較し高齢者のほうが速かった。〔結語〕高齢者は胸部、骨盤の屈曲、前傾を利用し、身体重心の進行方向の移動速度を高めることにより、身体重心の上昇を可能にしており、若年者は胸部の前傾を利用し身体重心の上昇を可能としていることが示唆される。

キーワード: 動作分析, 立ち上がり動作, 体幹

¹⁾ 立正佼成会附属佼成病院 リハビリテーション技術科: 東京都中野区弥生町 5-25-15 (〒164-0013) TEL 03-3383-1281

²⁾ 国際医療福祉大学大学院 保健医療学専攻福祉援助工学分野

I. はじめに

日常生活において多く行われる動作のひとつに椅子からの立ち上がり動作が挙げられる。立ち上がり動作は一見、シンプルな動作に見えるが「臀部から足部へと、広い支持基底面（以下、base of support : BOS）から足部のみの狭い新たなBOS内に身体重心位置を移動させること」と、「身体重心位置を立位姿勢まで上昇させること」の2つの機能が要求される力学的にも要求の大きい動作である¹⁾。そのため、立ち上がり動作が困難である場合、日常生活において活動の範囲を狭めてしまうことにつながる。また、臨床において、足部を後方に引くことや座面を高くすることで身体重心を前方へ移動しやすしたり²⁾、上肢を使うことで動作を可能にしたりしている場面を目にすることが多い。動作を行う上で、どのように身体を使い重力に抗して重心を上方に持ち上げるのかを理解することが重要となってくる。まず、立ち上がり動作において、身体を前方に移動させるために体幹を前傾する必要がある。体幹は胸部と骨盤が脊柱でつながれた可動性のある部位である。一方で、体幹は高齢者において著明な胸椎の彎曲や³⁾、体幹伸展筋の大きな減少⁴⁾といった、加齢による変化が見られる部位でもある。立ち上がり動作における過去の文献において、体幹は一つの剛体としてとらえられたものが多く、分節的に分けられているものは少ない^{5,6)}。その中で若年者と高齢者と比べているものは少数である^{7,8)}。また、立ち上がり動作において、重力に逆らって重心を上方へ移動させるための下肢筋力も重要な要素だといわれている⁹⁾。立ち上がり動作において筋電図の使用や関節モーメントを求めることにより下肢の重要性が過去の文献により示されている¹⁰⁻¹³⁾。しかしその中で、体幹前傾運動と下肢関節運動の関係について論じた文献は少ない^{14,15)}。今回は、立ち上がり動作において対象を若年者と高齢者として体幹を分節に分けたうえで、下肢の動きとの関係を研究するという点において先行研究に対して新規性があると考えた。

以上のことから、本研究では、若年者と高齢者を対象とし、胸部と骨盤に分けた体幹部位の前傾運動と下肢関節運動が椅子からの立ち上がり動作にどのように影響を及ぼすかを明らかにすることとした。

II. 対象と方法

1. 対象

中枢神経疾患、整形外科的疾患を有さない健常な若年者10名（男性6名女性4名、平均年齢 26.1 ± 2.3 歳、身長 164.5 ± 5.9 cm、体重 56.8 ± 7.8 kg）と高齢者8名（男性5名女性3名、平均年齢 69.5 ± 6.0 歳、身長 161.8 ± 7.4 cm、体重 58.5 ± 9.0 kg）を対象とした。対象者全員に対して、

本研究の目的と内容を十分に説明し、書面による同意を得た後に計測を行った。

2. 方法

計測には高さ調節が可能な椅子、三次元動作解析装置 VICON MX (Vicon Peak 社製) 赤外線カメラ10台と床反力計 (AMTI 社製) 4枚を使用した。床反力計は椅子を置いた状態でリセットし、その後被験者に座位をとるように指示した。カメラと床反力計のデータをサンプリング周波数100Hzに設定し計測をした。マーカーは、側頭部、後頭部、肩峰、胸骨柄、剣状突起、第1胸椎棘突起、股関節（大転子中央と上前腸骨棘を結んだ線上で大転子より1/3の位置）、上前腸骨棘、上後腸骨棘、膝関節（大腿骨外側上顆の高さで膝蓋骨を除いた膝前後径の中央）、外果、第5中足骨頭、踵骨（後方最突点で第2中足骨骨頭と同じ高さ）に貼付した。

椅子は下腿長と同じ高さに調節し、開始姿勢は股関節90度、膝関節90度、足関節0度とした。マーカーが隠れないように両上肢を組み、2～3 m先を見て静止した状態から、検者口頭の指示により立ち上がり動作を開始した。動作速度は各被験者の行きやすい至適速度とした。

胸部、骨盤の傾斜角度の変化を知るために、胸部セグメントは胸骨柄、剣状突起、第1胸椎棘突起の3点、骨盤セグメントは両側上前腸骨棘、両側上後腸骨棘の4点を用いて定義した。今回は矢状面の動きに着目し、胸部セグメントの屈曲伸展の動き、骨盤セグメントの前後傾の動きを求めることとした。

立ち上がり動作中の胸部屈伸絶対角度変化、骨盤前後傾絶対角度変化、骨盤に対する胸部の相対角度変化を算出した。算出したデータは動作開始時点から終了時点までを100%として正規化し、開始時の角度の値を0となるように計算した。開始と終了時点はそれぞれの試行の中で、動作開始前、または終了後の数値変化が見られない10コマ分を抜き出し、その平均値+2SDを基準とした¹⁶⁾。動作開始から終了までの全体の動作時間も同様の方法で求めた。今回は胸部セグメントの角度変化が開始し、終了するまでの時間を全体の動作時間とした。また、臀部が乗っている床反力計の鉛直方向の力がゼロとなった地点を臀部離床とみなし、骨盤と胸部角度の臀部離床時の値、屈曲方向への最大値、伸展方向への最大値を求めた。計測によって得られたデータの、各セグメントに関する角度、角速度に関する項目はBody Builder (VICON motion system 社製) により処理を行った。角速度の値はローパスフィルター処理を行った。中島らの研究⁸⁾を元にカットオフ周波数を2Hzにて設定した。

身体重心 (center of gravity: COG) の動きを知るために進行方向、上下方向における位置と速度を算出した。速度の値は2Hzのカットオフ周波数にてローパスフィルター処理を行った。COG、関節モーメントに関する項目は臨

床歩行分析研究会によるDIFF (Data Interface File Format) 形式に変換した後に, DIFFgait, Wave Eyesを用いて変換し, 表計算ソフトウェアExcel (Microsoft社製) にて処理を行った。股関節モーメント, 膝関節モーメントを算出し, 立ち上がり時に必要な下肢関節モーメントを求めた。関節モーメントは対象者の体重で正規化した。

時間軸を正規化したCOGの速度, 関節モーメントのグラフを元に, COGの進行方向, 上下方向の最大速度, 股関節, 膝関節の最大伸展モーメントを抽出して, 若年者と高齢者の差を比較するため対応のないt検定を行った。体幹部分の動きと下肢関節モーメントの関係を調べるために, 胸部セグメント, 骨盤セグメントの最大屈曲, 前傾角度と, 股関節, 膝関節の最大伸展モーメントの相関分析を若年者と高齢者それぞれで行った。有意水準は5%未満とした。

III. 結 果

表1~5, 図1に結果を示す。若年者と高齢者で全体の動作時間の有意差はみられなかった(表1)。

胸部, 骨盤, 骨盤に対する胸部の角度変化は, 若年者と高齢者間において違いが見られなかったため(表2), 以下に若年者と高齢者合計18名の角度変化について記載する。胸部の絶対角度は, 動作開始から屈曲が増加し, 18名中15名(若年者8名, 高齢者7名)で臀部離床後に最大屈曲をむかえる傾向にあった。他3名(若年者2名,

高齢者1名)は臀部離床前に最大屈曲をむかえた。骨盤の絶対角度は, 動作開始から前傾が増加し, 18名中17名(若年者10名, 高齢者7名)で臀部離床後に最大前傾を向かえる傾向にあった。他1名(高齢者1名)は臀部離床前に最大前傾をむかえた。骨盤に対する胸部の相対角度の角度は, 動作開始から屈曲が増加し, 18名中15名(若年者9名, 高齢者6名)で臀部離床前に最大屈曲をする傾向が見られた。他3名(若年者1名, 高齢者2名)は臀部離床後に, 最大屈曲をむかえた(図1)。

膝関節モーメントは, 18名中17名(若年者9名, 高齢者8名)で臀部離床の直後に最大伸展モーメントを示した。他1名(若年者1名)は臀部離床の直前に最大伸展モーメントを示した。股関節モーメントは, 18名中16名(若年者10名, 高齢者6名)で臀部離床直前に最大伸展モーメントを示した。他2名(高齢者2名)は臀部離床の直後に最大伸展モーメントを示した。

胸部, 骨盤の絶対角度, 骨盤に対する胸部の相対角度について角度, 角速度の臀部離床時の値, 屈曲方向への

表1 若年者と高齢者の動作時間

	動作時間 (s)
若年者	2.55 ± 0.33
高齢者	2.49 ± 0.66

表2 若年者と高齢者の臀部離床時, 最大屈曲, 前傾時の各セグメントの角度

			角度 (°)
胸部角度	臀部離床	若年者	-43.31 ± 9.28
		高齢者	-37.79 ± 16.63
	最大屈曲	若年者	-44.77 ± 9.45
		高齢者	-41.05 ± 17.81
骨盤角度	臀部離床	若年者	-33.84 ± 7.34
		高齢者	-33.86 ± 14.28
	最大前傾	若年者	-38.75 ± 6.5
		高齢者	-39.27 ± 15.84
相対角度	臀部離床	若年者	-8.95 ± 7.46
		高齢者	-3.98 ± 8
	最大屈曲	若年者	-12.54 ± 5.23
		高齢者	-9.09 ± 6.88

図1 動作中の各部位の角度変化(若年者と高齢者を合わせた平均 ± SD) N=18

LO: Lift Off(臀部離床)

太線: 平均値 上下の線: 平均 ± SD

最大値、伸展方向への最大値と股関節、膝関節の最大伸展モーメントの値は相関分析の結果、若年者において、胸部の最大屈曲角度、骨盤に対する胸部の相対角度の最大屈曲角度と膝関節最大伸展モーメントの間に負の相関が見られた(表3)。また、骨盤の角度変化と下肢関節モーメントの間に相関は見られなかった。この結果は、胸部の屈曲が大きいほど、膝関節への負担が少なくなることを表している。

高齢者においては、胸部の最大屈曲角度、骨盤の最大前傾角度と膝関節伸展モーメントの間に負の相関が見られた(表4)。相対角度と下肢関節モーメントの間に相関は見られなかった。高齢者では、胸部の屈曲にともなった骨盤の前傾が大きいほど、膝への負担は少なくなることを表している。

若年者、高齢者ともにCOGの速度は進行方向成分が最大値をむかえた後、上方向成分が最大値をむかえた。若年者と高齢者においてCOGの進行方向の最大速度は若年者と高齢者間において有意差が見られた(表5)。

動作時間は若年者と高齢者で有意差はみられなかったことから(表1)、高齢者のほうがCOGの進行方向の最大速度が速いことが考えられた。立ち上がり動作中にCOGの進行方向の速度が最大となる時間は若年者と高齢者で有意差はみられなかった(表5)。

IV. 考 察

全体の動作時間において、若年者と高齢者において有意差が見られなかった。これは今回、対象とした高齢者は、日常生活動作が自立しており、非常に活動的であり、動作時に速度を高め、身体を対応することが可能であったと考えられる。

若年者では、胸部の最大屈曲角度、骨盤に対する胸部の相対角度の最大屈曲角度と膝関節の最大伸展モーメント、高齢者では、胸部の最大屈曲角度、骨盤の最大前傾角度と膝関節の最大伸展モーメントに相関が見られた。

Payらは、主に頭部—上肢—体幹の動きが質量中心の水平方向の最大運動量に寄与しており、大腿は質量中心の垂直方向の最大運動量に主に関与していると報告している¹⁷⁾。すなわち、鉛直方向の運動には股関節、膝関節が関与している。また、体幹前傾から立位までの期間では支持基底面が足底のみへと移動するため、椅子からの立ち上がり動作という運動課題としては、荷重の早急かつ安定的な移行が必要である。そのためには、水平方向と鉛直方向の両方への移動力と制動力を協調して発生することが求められる¹⁸⁾。結果より、臀部離床の前において、高齢者でCOGの進行方向速度が若年者に比べて速かった。高齢者は臀部離床に向け前方への速度を利

表3 若年者における角度と下肢モーメントの相関係数

	膝関節最大伸展モーメント	股関節最大伸展モーメント
胸部最大屈曲角度	-0.84*	-0.16
骨盤最大前傾角度	-0.55	-0.18
相対角度最大屈曲角度	-0.73*	-0.15

*p<0.05

表4 高齢者における角度と下肢モーメントの相関係数

	膝関節最大伸展モーメント	股関節最大伸展モーメント
胸部最大屈曲角度	-0.68*	0.40
骨盤最大前傾角度	-0.69*	0.17
相対角度最大屈曲角度	-0.27	-0.01

*p<0.05

表5 若年者と高齢者におけるCOGの速度

		進行方向		上下方向	
		時間 (%)	速度 (m/s)	時間 (%)	速度 (m/s)
最大	若年者	37.0 ± 6.78	0.57 ± 0.07	55.5 ± 9.17	0.55 ± 0.08
	高齢者	35.3 ± 10.45	0.67 ± 0.2	56.0 ± 16.49	0.57 ± 0.19

*p<0.05

*は若年者と高齢者において進行方向最大速度に有意差があったことを表している。

用していることが考えられる。臀部離床後に多くの対象者で、胸部と骨盤の最大屈曲、または最大前傾角度が見られ、臀部離床後の身体の使い方に若年者と高齢者で違いが見られた。若年者は胸部の最大屈曲角度と膝関節の最大伸展モーメントに有意な相関があったことから、身体の持ち上げを体幹の上部に位置する胸部をより優位に使用していることが示唆された。一方で、高齢者においては胸部、骨盤の最大角度と膝関節の伸展モーメントに有意な相関があったことから、臀部離床後、大腿骨上で骨盤が最大前傾し、胸部も最大屈曲することが身体を鉛直方向に持ち上げる時に、重要となってくることを示している。高齢者においてCOGのことを踏まえ考えると、前方への速度を利用することで臀部離床し、体幹部分を骨盤の最大前傾と胸部の最大屈曲にて身体上昇の時期まで身体を移動させることを可能にしていると考えられる。若年者と高齢者の共通点として、胸部の最大屈曲角度と膝関節の最大伸展モーメントに有意な負の相関があったことから胸部の屈曲が臀部離床後の身体上昇に切り替えられる要因として重要であることが挙げられる。

高齢者は動作時に速度を高めることや、協調的な動作が困難であり、立ち上がり動作が困難になりやすい。そのために上肢を使用するなどの他の方法を使い、立ち上がり動作を可能とする必要が出てきている。今回、対象とした高齢者はCOGの前方への速度を上げることで臀部離床を可能にし、最大屈曲まで身体を持っていくことで、身体上昇を遂行する能力があったと考えられる。立ち上がり動作として重要なのは、臀部離床のポイントだけでなく、体幹屈曲を骨盤の前傾からしっかりと行い、いかに下肢の活動につなげていくかという点であると考えられる。

今回は、若年者と高齢者の間で体幹屈曲から、臀部離床し、立位となる過程において違いが見られた。その違いにおいて、胸部と骨盤をつなぐ脊柱の動きは重要となってくると考える。しかし、今回の研究では脊柱の動きに対して明確になっておらず計測の方法も検討していく必要がある。今後は、より高齢な被験者や脊柱に疾患のある症例を対象とし、計測を進めていきたいと考えている。そこで、脊柱に対して身体機能の評価を行い、特性をより理解していくと同時に、脊柱による制限が立ち上がり動作にどのように影響を及ぼすか検討していく必要があると考える。

引用文献

- 1) Chung Y, Rogers MW: Control of body mass transfer as a function of speed of ascent in sit-to-stand. *Med Sci Sports Exerc*, 1990, 22: 378-384.
- 2) 小島 悟, 武田秀勝: 椅子からの立ち上がり動作分析. *バイオメカニズム学術講演会誌*, 1998, 19: 99-104.
- 3) 山口義臣, 鈴木信正: 日本人の姿勢. 第2回姿勢シンポジウム論文集, 1977: 15-33.
- 4) 勝田治己, 古川良三: 老人の姿勢と体幹機能. *PTジャーナル*, 1991, 25: 82-87.
- 5) Tully EA, Fotoohabadi MR, Galea MP: Sagittal spine and lower limb movement during sit-to-stand in healthy young subjects. *Gait Posture*, 2005, 22: 338-345.
- 6) 福土宏紀: 立ち上がり動作における体幹運動の運動学的分析. *東北理学療法学*, 2006, 18: 49-53.
- 7) Bear GD, Ashburn AM: Trunk movements in older subjects during sit-to-stand. *Arch Phys Med Rehabil*, 1995, 76: 844-849.
- 8) 中島大悟, 石丸和也, 山崎貴博・他: 加齢が立ち上がり動作における体幹運動に及ぼす影響. *バイオメカニズム学術講演会誌*, 2008, 29: 61-64.
- 9) Schenkman M, Hughes MA, Samsa G, et al.: The relative importance of strength and balance in chair rise by functionally impaired older individuals. *JAGS*, 1996, 44(12): 1441-1446.
- 10) Hughes MA, Myers BS, Schenkman ML: The role of strength in rising from a chair in the functionally impaired elderly. *J Biomech*, 1996, 29: 1509-1513.
- 11) Buadett RG, Habasevich R, Pisciotto J, et al.: Biomechanical comparison of rising from two types of chairs. *Phys Ther*, 1985, 65: 1177-1183.
- 12) 星 文彦, 山中雅智, 高橋光彦・他: 椅子からの立ち上がり動作に関する運動分析. *理学療法学*, 1992, 19: 43-48.
- 13) 横地義照, 藤本浩志, 木塚朝博・他: 大腿部に手をついて行う起立動作の解析. *人間工学*, 38: 54-62.
- 14) 小島 悟, 田中敏明, 武田秀勝・他: 力学モデルを用いた椅子からの立ち上がり動作分析—足部位置ならびに体幹前傾角度の影響—. *札幌医科大学保健医療学部紀要*, 1999, 2: 25-31.
- 15) 浅井葉子, 金子誠喜, 大津慶子: 椅子からの立ち上がり動作における体幹前傾角度と下肢関節モーメントとの関係. *日保学誌*, 2005, 8: 51-58.
- 16) Dehail P, Bestaven E, Muller F, et al.: Kinematic and electromyographic analysis of rising from a chair during a sit-to-walk task in elderly subjects: Role of strength. *Clin Biomech*, 2007, 22: 1096-1103.
- 17) Pay YC, Rogers MW: Segmental contributions to total body momentum in sit-to-stand. *Med Sci Sports Exerc*, 1991, 23(2): 225-230.
- 18) 田中 繁, 高橋 明 (監訳): モーターコントロール 運動制御の理論と臨床応用. 医歯薬出版, 1999, pp354-356