

原 著

## 脳卒中片麻痺患者における運動量方略優位の 立ち上がり動作獲得の検証

### Inspection of Hemiparetic Stroke Patients' Standing Movement using Momentum Strategy

谷内 幸喜

**要 約：**脳卒中片麻痺患者に対し、立ち上がり動作開始時姿勢を変えた時の動作のパターンを調べることで、脳卒中片麻痺患者における運動量方略優位の立ち上がり動作獲得の可能性を探究した。さらに、座位からの立ち上がり動作を重心線と支持基底面との位置関係でみた動作パターンは、脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作において有効な指標となり得るのか検証した。立ち上がり動作開始時姿勢に関わる条件として、「座面の高さ」と「立ち上がり前の姿勢」の2因子の相違から立ち上がり動作パターンを調べた。座面の高さは、測定時の安全に対する配慮から120%下腿長を中心に前後10%の2条件を加えた3通りの座面高を採用し、立ち上がり前の姿勢は、脳卒中片麻痺患者に特徴的な非対称性座位姿勢と、修正した対称性座位姿勢の2通りを採用した。座面の高さによる違いでは、運動量方略優位の立ち上がり動作パターンは130%座面高の34施行中0施行、120%座面高の34施行中1施行、110%座面高の34施行中2施行。また、立ち上がり前の姿勢の違いでは、運動量方略優位の立ち上がり動作パターンは非対称姿勢条件の51施行中1施行、対称姿勢条件の51施行中2施行であり、「座面の高さ」や「立ち上がり前の姿勢」の相違によって、運動量方略優位の立ち上がり動作パターンの出現率に有意な差は認められなかった。つまり、脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作は、立ち上がり動作開始時姿勢に関係なく殆どが力制御方略優位の立ち上がり動作パターンであり、立ち上がり動作開始時姿勢の変化によって運動量方略優位の立ち上がり動作パターンを用いさせることはできなかった。また、座位からの立ち上がり動作を重心線と支持基底面との位置関係でみた動作パターンは、脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作における有効な指標ではないことも何われ、新たな指標を見出す必要性を得た。

**キーワード：**脳卒中片麻痺者、運動量方略優位、立ち上がり動作パターン

#### 【はじめに】

我々は、大阪河崎リハビリテーション大学紀要第8巻第1号<sup>1)</sup>において、脳卒中片麻痺患者

Kouki Taniuchi  
大阪河崎リハビリテーション大学  
リハビリテーション学部 理学療法専攻  
E-mail : taniuchik@kawasakigakuen.ac.jp

に対して、立ち上がり動作開始時姿勢を左右対称座位姿勢に修正し、修正前後の立ち上がり動作を個々人のレベル間で比較検討した結果、非麻痺側偏位の立ち上がり動作からの脱却に伴う動揺性減少・殿部上昇時における非麻痺側体幹股関節屈曲角度減少および角速度増大・立ち上

がり全動作時間の短縮が認められたことを報告した。しかし、これらの関係は個々人のレベル間における有意差であり、脳卒中片麻痺患者全般にわたる普遍的動作のパターンを示すまでには至らなかった。

立ち上がり動作における最も重要な力学的要求は、臀部が座面から離れた瞬間に、身体重心 (center of gravity 以下 COG) からの垂線 (以下、重心線) が両足底のみで構成される支持基底面 (base of support 以下 BOS) 内に存在する事である。しかし、この力学的要求が満たされなくても、後方に倒れることなく立ち上がり動作は遂行されるのである。

椅子からの立ち上がり動作のパターンは、一般的に重心線と BOS との位置関係より、運動量方略優位の立ち上がり動作 (momentum strategy 以下 MS) と力制御方略優位の立ち上がり動作 (stabilization strategy 以下 SS) の2つに分類されている<sup>2),8)</sup>。それらによると、MS は健常者が通常の立ち上がり動作で選択している立ち上がり動作方略であり、臀部が座面から離れた瞬間の重心線は両足底による BOS よりも後方に存在しているにも関わらず立ち上がり動作が遂行される。体幹の前方移動による膝関節伸展を効率的に利用するため、下肢筋力を比較的必要としないが、COG 制御能力が要求されるため、高いバランス能力がないと行うことができないという特徴をもつ。また、SS はバランス機能低下者にみられ、立ち上がり動作の2つの機能である前方移動と上方移動の乖離傾向を示す立ち上がり動作方略であり、体節間のアライメントを変化させて質量をより前方に分布させる COG の移動形体をとるため、安定性はよいが大きな運動量が生じず、体幹を持ち上げるための高い下肢抗重力筋の筋力が要求されるという特徴をもつ。

健常者は通常、MS を行っているが、状況に応じて自由に SS を選択できることが特徴であ

る。Shumway-Cook ら<sup>4)</sup> は、上位運動ニューロン損傷をもつ多くの患者は、SS を用いる傾向があると述べている。また、星ら<sup>5)</sup> は、姿勢制御に何らかの問題を抱えている症例は、安定性を重視した体節間のアライメントの変化によって COG を移動させるため、SS を採用せざるを得ないと述べている。そして、岡西<sup>8)</sup>、Shumway-Cook<sup>9)</sup>、富田<sup>10)</sup> らの報告では、MS が効率性だけでなく獲得能力としての優位性を意味するため、立ち上がり動作練習では、MS 獲得の可能性を探究することを求めている。

そこで今回我々は、脳卒中片麻痺患者における MS 獲得の可能性を探究するとともに、座位からの立ち上がり動作を重心線と BOS との位置関係でみた動作パターンは、脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作において有効な指標となり得るのかという疑問への答えを得るために、脳卒中片麻痺患者における立ち上がり動作開始時姿勢を変えた時の動作のパターンを先行論文<sup>1)</sup>による見解から検証して示す。

## 【対象および方法】

### 1. 実験方法

#### 1) 被験者の選出方法

被験者は下腿長 (足底から膝外側関節裂隙までの長さ) の座面高からの立ち上がり動作が可能で、病棟の日常生活場面で看護スタッフの見守りの中、移乗動作 (ベッド⇔車イス) が可能な脳卒中片麻痺患者 17 名 (男性 10 名・女性 7 名、右片麻痺 9 名・左片麻痺 8 名、平均年齢  $59.8 \pm 14.1$  歳、平均身長  $159.5 \pm 9.1$  cm、平均体重  $58.1 \pm 13.9$  kg) であった。その内訳は、平均発症後期間が  $113.9 \pm 55.6$  日、下肢 Brunnstrom Stage はⅡが 2 名、Ⅲが 4 名、Ⅳが 7 名、Ⅴが 4 名、機能的自立度評価法による平均得点が 126 点満点中  $104.7 \pm 14.3$  点であった。神経学的検査によりパーキンソン症候群、失調症等の症状や感

覚障害、そして本研究の課題に影響を及ぼす可能性のある骨関節疾患等の合併症を持つ者は除外し、動作の指示に対し理解と遂行が可能な者を被験者とした。本研究は、ヘルシンキ宣言に基づき、研究説明書、研究同意書、研究同意撤回書を作成。被験者に研究参加に対する自由意志と権利の確認、個人情報保護に対する配慮を十分に説明し同意を得た後に実施した。

## 2) 動作の条件

立ち上がり動作への影響を調べる観点<sup>11)</sup>から、立ち上がり動作開始時姿勢に関わる条件として、「座面の高さによる違い」と「立ち上がり前の姿勢の違い」を採用した。

椅子からの立ち上がり動作を評価した研究では、座面の高さは、下腿長の高さ<sup>12)</sup>、膝および足関節がそれぞれ90°屈曲位となる高さ<sup>13) 14)</sup>、脛骨上縁の高さ<sup>15) 16)</sup>、腓骨頭の高さ<sup>17)</sup>などさまざま用いられている。本研究では一般に家庭で利用されている椅子の座面高の範囲(30.5～45.7cm)を考慮し<sup>18)</sup>、下腿長(床から膝外側関節裂隙までの長さ)を基準にした。山田ら<sup>13)</sup>は、下腿長の高さを100%とした時の120%、100%および80%に座面高を設定し、立ち上がり動作に対する床反力と下肢筋力に及ぼす座面高の影響に関する報告の中で、座面が膝関節より高位置の120%下腿長のときよりも、膝関節より低位置の80%下腿長の方が、床の踏み込みが強くなり、筋力的にも身体に課せられる負荷が大きくなることを述べている。本研究では、回復期途中の脳卒中片麻痺患者を対象にしているため、測定時の安全に対する配慮から120%下腿長を中心に前後10%の2条件(130%下腿長および110%下腿長)を加えた3通りの座面高(以下、130%座面高・120%座面高・110%座面高)を、「座面の高さによる違い」因子として採用した。また、「立ち上がり前の姿勢の違い」因子は、脳卒中片麻痺患者に特徴的な非対称性の座位姿勢と、修正した対称性の座位姿勢の2

通りの姿勢(以下、非対称姿勢条件・対称姿勢条件)を採用した。

## 3) 課題動作

採用した課題は、椅子座位からの立ち上がり動作であった。

測定時間は、先行研究<sup>19)</sup>と同様、動作開始の合図から立位完了までの時間<sup>20) 21)</sup>と立位が安定するまでの時間を十分考慮して10秒間<sup>22)</sup>と定めた。したがって、被験者には立ち上がり動作が完了し直立位となった後も、再度合図があるまでの数秒間はできるだけそのままの立位姿勢をとり続けるように指示した。

被験者はまず、動作解析用に身体に取り付けられた反射マーカー(以下、マーカー)が隠れないよう、両上肢は肩の力を抜き、体幹の外側に垂らした自然状態とし、背もたれと肘掛けのない座面高調節式椅子(セザム EXPERT UA-15, スウェーデン)上で座位姿勢をとった。両足底の位置は任意とし、普段行っている状態とした。左右方向軸(以下、 $x$ 軸)が非麻痺側足底の土踏まずの中央を通過し、両踵後縁を結ぶ線が $x$ 軸と平行でかつ前後方向軸(以下、 $y$ 軸)から左右均等に離すように設定(図1)して、アニメ社製総合動作分析システム(MA6000)の床反力計上に置いた。以上を座位初期姿勢とした。

非対称姿勢条件では、座位初期姿勢から検者の口頭による合図とともに、被験者の任意のタ

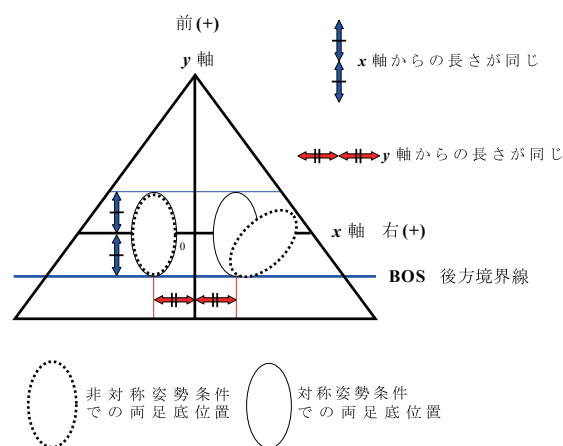


図1 床反力計上の両足底位置  
(右側が麻痺側の場合)

イメージにて立ち上がり動作を行った。

対称姿勢条件では、両足底をほぼ平行にするとともに、頸部・体幹・下肢のアライメントが左右対称となる座位姿勢から非対称姿勢条件同様に、検者の口頭による合図とともに、被験者の任意のタイミングにて立ち上がり動作を行った。

なお、自然でスムーズな立ち上がり動作を測定するために、座位姿勢は膝および足関節がそれぞれ  $90^\circ$  屈曲位となる姿勢にはこだわらず、足底と臀部の位置関係を基本に定めたため、臀部（前後方向）の位置は、130% 座面高にて足底全体を床反力計上に十分接地した後、被験者が立ち上がりを行いやすいと感じる任意の位置とし、その位置を 120% 座面高および 110% 座面高からの立ち上がり時にも採用した。

#### 4) 動作の順序方法

脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作分析（2 回施行）において、1 回目の立ち上がり動作時に足圧中心が蛇行していたものが、2 回目には直線的にしかも重心線に近づくなどして全症例において介助を要さなくなったとの報告<sup>23)</sup>により、2 回目になると学習効果などの要素が加味されるものと推測される。複数回のトライアルでは、脳卒中片麻痺患者における立ち上がり練習法や転倒との関連性につなげていく上で、実用的データが得られない可能性がある。このような理由から、立ち上がり動作施行は先行研究<sup>19)</sup> 同様、2 条件それぞれ 1 回のみとした。そして、立ち上がりの測定は、臀部や両足底位置条件の統一から、130% 座面高非対称姿勢条件、130% 座面高対称姿勢条件、120% 座面高非対称姿勢条件、120% 座面高対称姿勢条件、110% 座面高非対称姿勢条件、110% 座面高対称姿勢条件の順で行った。

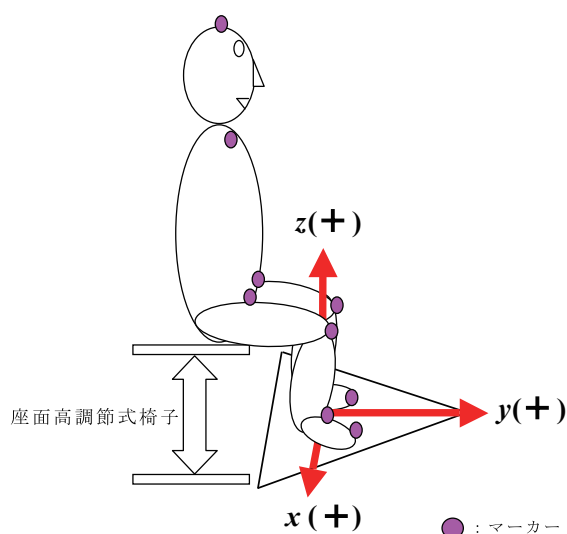
なお、立ち上がり動作時の筋緊張亢進による内反尖足等の出現に伴う不安定要素を除去する目的と、本来の生活場面を考慮し、裸足ではなく各々普段履き慣れている靴を着用して動作を

行った。なお、下肢装具の使用者はいなかった。

## 2. パラメータの測定方法と記録方法

マーカーは、頭頂部、左右の肩峰、股関節前面中央（鼠径靭帯中央）、膝蓋骨前面中央、足関節前面中央、第 1 趾先端上部の 11 箇所に貼付し、Sony 社製ビデオカメラ（DCR-HC41）2 台を用いて、動作の模様を収録した。

COG の計測は、Sony 社製ビデオカメラ（DCR-HC41）に収録した動画をアドビ社製画像処理ソフトウェア（Adobe Premiere Elements 1.0）により処理した後、ヒューテック社製解析ソフトウェア（Mpro-3D）により各マーカーの動きをサンプリング周波数 60Hz でコンピューターに取り込んだ。そして、阿江ら<sup>24)</sup> の「身体部分剛体特定定数」を用いて COG 座標を時系列データとして算出した。なお、測定肢位はマーカーの連続撮影に影響を及ぼさないことを考慮して、両上肢は出来るだけ肩の力を抜き大腿の外側に垂らした自然状態としたため、上肢の動きは体幹と一体化したものとして計算した。そして、COG 座標は、左右を  $x$ （麻痺側+）、前後を  $y$ （前方+）、鉛直を  $z$ （上方+）とする 3 次元座標で表した（図 2）。



左右方向 :  $x$  軸 ・ 前後方向 :  $y$  軸 ・ 鉛直方向 :  $z$  軸

図2 座標軸（右側が麻痺側の場合）



### 3. 分析項目

立ち上がり動作時における上方移動開始時の重心線が両足底のみで構成される BOS 後方境界より後方にある MS パターンと、前方にある SS パターンの指標は、BOS 後方境界線 (y 座標: 靴の長さ / 2) (図 1) を基準に、立ち上がり動作時における上方移動開始時の COGy 座標が、前方にあるか後方にあるかで判断した。

### 4. 統計学的解析方法

「座面の高さによる違い」因子と「立ち上がり前の姿勢の違い」因子それぞれにおける MS パターンおよび SS パターンの出現率に差があるかを調べるために、二項分布に基づく出現率の差の検定と推定を用い、有意水準を 5% 未満として解析を行った。なお統計学的解析には、Microsoft 社製表計算等ソフトウェア (Microsoft Excel 2003) の分析ツールを使用した。

## 【結果】

MS パターンは、被験者 17 名中 2 名に認められた。

因子 A (座面の高さによる違い) では、MS パターンは 130% 座面高の 34 施行中 0 施行、120% 座面高の 34 施行中 1 施行、110% 座面高

の 34 施行中 2 施行であった。また、因子 B (立ち上がり前の姿勢の違い) では、MS パターンは非対称姿勢条件の 51 施行中 1 施行、対称姿勢条件の 51 施行中 2 施行であった。

1) 因子 A における 130% 座面高と 120% 座面高との比較

MS パターン出現率は、130% 座面高と 120% 座面高の条件で差がなかった (表 1)。

2) 因子 A における 120% 座面高と 110% 座面高との比較

MS パターン出現率は、120% 座面高と 110% 座面高の条件で差がなかった (表 2)。

3) 因子 A における 130% 座面高と 110% 座面高との比較

MS パターン出現率は、130% 座面高と 110% 座面高の条件で差がなかった (表 3)。

4) 因子 B における非対称姿勢条件と対称姿勢条件との比較

MS パターン出現率は、非対称姿勢条件と対称姿勢条件で差がなかった (表 4)。

表 1 130% 座面高と 120% 座面高の比較

二項分布に基づく出現率の差の検定と推定

	サンプル数	MS パターン	SS パターン	MS 出現率
130% 座面高	34	0	34	0.00
120% 座面高	34	1	33	0.03

MS 出現率の差の推定

	点推定	信頼区間 下限値	信頼度 95% 上限値
130% 座面高と 120% 座面高による差	-0.03	-0.09	0.03

P 値 (両側確立) 0.31 P>0.05 NS

表2 120%座面高と110%座面高の比較

二項分布に基づく出現率の差の検定と推定

	サンプル数	MS パターン	SS パターン	MS 出現率
120%座面高	34	1	33	0.03
110%座面高	34	2	32	0.06

MS 出現率の差の推定

	点推定	信頼区間 下限値	信頼度 95% 上限値
120%座面高と 110%座面高による差	-0.03	-0.13	0.07
P 値 (両側確立)	0.55	P>0.05	NS

表3 130%座面高と110%座面高の比較

二項分布に基づく出現率の差の検定と推定

	サンプル数	MS パターン	SS パターン	MS 出現率
130%座面高	34	0	34	0.00
110%座面高	34	2	32	0.06

MS 出現率の差の推定

	点推定	信頼区間 下限値	信頼度 95% 上限値
130%座面高と 110%座面高による差	-0.06	-0.14	0.02
P 値 (両側確立)	0.15	P>0.05	NS

表4 非対称姿勢と対称姿勢の比較

二項分布に基づく出現率の差の検定と推定

	サンプル数	MS パターン	SS パターン	MS 出現率
非対称姿勢条件	51	1	50	0.02
対象姿勢条件	51	2	49	0.04

MS 出現率の差の推定

	点推定	信頼区間 下限値	信頼度 95% 上限値
非対称条件と 1 対象条件による差	-0.02	-0.09	0.05
P 値 (両側確立)	0.56	P>0.05	NS

## 結果のまとめ

脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作において、立ち上がり動作開始時姿勢を調整することによって、MS パターンを用いさせることはできない。つまり、脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作開始時姿勢によって、立ち上がり動作パターンは決定されない。

## 【考察】

脳卒中片麻痺患者は立ち上がり動作開始時姿勢によって、立ち上がり動作パターンが決定されない。そして、脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作は、立ち上がり動作開始時姿勢に関係なく殆どが SS パターンであることが判明した。これらの結果は、研究法にやや違いがあるものの上位運動ニューロン損傷をもつ多くの患者は、座位から立位肢位を遂行するために SS を用いる傾向があるとした Shumway-Cook ら<sup>4)</sup> や星ら<sup>5)</sup> の報告を裏付けた形となった。つまり、脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作能力は、加速度利用による体幹前方移動時の COG 制御能力によって決められているのではなく、体幹を持ち上げるための高い下肢抗重力筋の筋活動能力によって決められているのではないかと推測された。

本実験結果から、座位からの立ち上がり動作を重心線と BOS との位置関係でみた動作パターンは、脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作において有効な指標とは言えないことが明らかになった。

立ち上がり動作開始時姿勢と立ち上がり動作の関係を、脳卒中片麻痺患者において調べるために、立ち上がり動作のパターンを先行研究<sup>2)~8)</sup> による見解としての MS と SS による分類ではなく、別の指標から見ていくことが必要であると考ええる。

## 【まとめ】

脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作において、立ち上がり動作開始時姿勢（座面の高さによる違いと立ち上がり前の姿勢の違い）を調整することによって、MS パターンを用いさせることができるか検証し、以下のことが明らかになった。

- 1) 座面の高さによる違いによって、MS パターン出現率に差はないことが示された。
- 2) 立ち上がり前の姿勢の違いによって、MS パターン出現率に差はないことが示された。
- 3) どのような立ち上がり動作開始時姿勢の条件でも、殆どが SS パターンとなることが判った。

脳卒中片麻痺患者は立ち上がり動作開始時姿勢によって、立ち上がり動作パターンが決定されるという研究命題を、立ち上がり動作のパターンを先行研究による見解（重心線と BOS との位置関係）に基づいて検証した。その結果、脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作において、立ち上がり動作開始時姿勢は、重心線と BOS との位置関係からみた立ち上がり動作パターン（MS パターンをとるか、それとも SS パターンをとるか）の要因になっていないことを明らかにした。加えて、脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作は、立ち上がり動作開始時姿勢に関係なく殆どが SS パターンであることを示した。

## 【文献】

- 1) 谷内幸喜：脳卒中片麻痺者における立ち上がり動作の検討―座面高別による開始時姿勢の影響―。大阪河崎リハビリテーション大学紀要 8(1)：29-42, 2013.
- 2) Schenkman M, Berger RA, Riley PO, et al.:

- Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Phys Ther* 70: 638-651, 1990.
- 3) Hughes MA, Weiner DK, Schenkman ML, et al.: Chair rise strategies in the elderly. *Clin Biomech* 9: 187-192, 1994.
  - 4) Shumway-Cook A, Woollacott M: モーターコントロール—運動制御の理論と臨床応用—(田中繁, 他監訳), 医歯薬出版, 東京, 2000, p.298-318.
  - 5) 星文彦, 武田涼子: 起き上がり動作のメカニズム—椅子からの立ち上がり動作—. *理学療法* 20: 1028-1036, 2003.
  - 6) 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と下肢関節モーメントとの関係. *理学療法学* 31(suppl): 383, 2004.
  - 7) Shumway-Cook A, Woollacott M: モーターコントロール—運動制御の理論と臨床応用(原著第2版)—(田中繁, 他監訳), 医歯薬出版, 東京, 2004, p.395-425.
  - 8) 岡西哲夫: 運動機能より: 高齢者の移乗・移動動作の改善をめざして. *理学療法学* 34: 123-125, 2007.
  - 9) Shumway-Cook A, Woollacott M: モーターコントロール—運動制御の理論と臨床応用(原著第2版)—(田中繁, 他監訳), 医歯薬出版, 東京, 2004, p.426-476.
  - 10) 富田昌夫, 内山靖, 関屋昇, 他: 高橋正明(編) 標準理学療法学専門分野 臨床動作分析, 医学書院, 東京, 2006, pp119-131.
  - 11) 内山靖: 症候障害学序説, 文光堂, 東京, 2006, p.30-61.
  - 12) 小島悟, 武田秀勝: 高齢者の椅子からの立ち上がり動作—立ち上がり動作能力の低下した高齢者の動作パターン—. *理学療法科学* 13: 85-88, 1998.
  - 13) 山田孝禎, 出村慎一, 北林保: 立ち上がり動作時における床反力および下肢筋力に及ぼす椅子高の影響. *日本生理人類学会誌* 9: 1-6, 2004.
  - 14) 臼田滋, 山路雄彦: 立ち上がり動作における運動学的分析—椅子の高さによる影響—. *運動生理* 9: 187-192, 1994.
  - 15) 三好圭, 木村貞治, 大平雅美, 他: 高齢者における立ち上がり動作後の重心動揺特性. *理学療法* 22: 441-448, 2005.
  - 16) 米田稔彦, 井上悟, 河村廣幸, 他: 立ち上がり動作の床反力による分析—椅子の高さ、足部の位置の変化および体幹前屈の増大による床反力への影響について—. *運動生理* 3: 101-108, 1988.
  - 17) 加福隆樹, 藤井浩美, 木村陽子, 他: 股関節外転外旋位からの立ち上がり動作の解析. *総合リハ* 35: 711-718, 2007.
  - 18) Weiner DK, Long R, Hughes MA, et al.: When older adults face the chair-rise challenge. A study of chair height availability and height-modified chair-rise performance in the elderly. *J Am Geriatr Soc* 41: 6-10, 1993.
  - 19) 谷内幸喜: 椅子座位姿勢の変化が立ち上がり動作・立位姿勢に及ぼす影響. *日本職業・災害医学会会誌* 55: 85-94, 2007.
  - 20) 岩倉博光: 腰かけ動作としゃがみ動作—老年人および若年者における筋活動と姿勢調整—. *姿勢研究* 5: 69-77, 1985.
  - 21) 野手とし子: 脊髄小脳変性症患者における立ち上がり動作の分析. *リハ医学* 22: 97-99, 1985.
  - 22) 生田宗博, 立野勝彦: 垂直荷重力の測定による椅座位からの立ち上がり動作の解析. *リハ医学* 29: 199-209, 1992.
  - 23) 石間伏彩, 萩原章由, 溝部朋文, 他: 脳卒中片麻痺者の立ち上がり動作分析. *理学療法学* 32(suppl): 332, 2005.
  - 24) 阿江通良, 湯海鵬, 横井孝志: 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定, *バイオメカニズム* 11 *バイオメカニズム学会*, 東京, 1992, p.23-33.