

■ 原著

ファンクショナル・リーチ動作における矢状面上の
腰椎・下肢関節角度変化と足圧中心の前後変位

The change in angles of lumbar and lower extremity joints
in sagittal plane and center of foot pressure in backward
and forward during Functional Reach

佐々木賢太郎¹⁾ 木村剛²⁾ 小島聖¹⁾ 石倉隆³⁾

Kentaro Sasaki¹⁾ Tsuyoshi Kimura²⁾ Satoshi Kojima¹⁾ Takashi Ishikura³⁾

1) 金城大学医療健康学部理学療法学科：石川県白山市笠間町 1200（〒924-8511）TEL 076-276-4400

2) 金城大学社会福祉学部

3) 大阪保健医療大学保健医療学部リハビリテーション学科

1) Department of Physical Therapy, Kinjo University: 1200 Hakusan city, Ishikawa 924-8511, Japan. TEL+81-76-276-4400

2) Department of Social Welfare, Kinjo University

3) Department of Rehabilitation Science, Osaka Health Science University

保健医療学雑誌 2 (1): 20-24, 2011. 受付日 2010 年 11 月 24 日 受理日 2010 年 11 月 26 日

JAHS 2 (1): 20-24, 2011. Submitted November 24, 2010. Accepted November 26, 2010.

ABSTRACT: The aim of this study was to investigate the change in angles of lumbar and lower extremity joints in sagittal plane and center of foot pressure (COP) in backward and forward during Functional Reach (FR). Subjects were 12 healthy male, and we used three-dimensional motion analysis system and force plate. As a result, each joint moved as follows; lumbar kyphosis, hip flexion, knee extension and ankle plantar-flexion. The change in COP moved backward before forward. The FR distance was not correlated to maximum angles in any joints or the COP distance. COP distance was correlated to maximum angles in knee extension and ankle plantar-flexion. The lumbar moved slowly to kyphosis during FR, and this change was similar to movement of knee extension and ankle plantar-flexion. These results suggest that lumbar motion during FR would contribute to stabilize center of gravity.
Key words: Functional Reach, joint angles in lumbar and lower extremity, center of foot pressure in backward and forward

要旨：本研究の目的は、ファンクショナル・リーチ（FR）動作時における矢状面上の腰椎、下肢関節角度変化と足圧中心の前後変位について検討することであった。対象は健常男子大学生 12 名とし、4 回の FR 動作を施行した。施行中、3 次元動作解析装置と床反力計を用いて、FR 動作中の腰椎、下肢関節角度と足圧中心（COP）の変位を計測した。角度推移として、全例、腰椎後弯、股関節屈曲、膝関節伸展、足関節底屈方向に運動した。COP はリーチ開始時点で一度後方へ変位した後に前方へ移動した。FR 距離について、各関節の最大角度および COP の前方移動距離について関連性を検討したが、相関を認めるものはなかった。COP の移動距離は膝関節最大伸展角度と足関節最大底屈角度と有意な関連性が認められた。腰椎はリーチ開始から緩やかに後弯方向へ運動し、その推移は膝関節伸展や足関節底屈と類似していた。本結果より、FR 動作中の腰椎は重心の安定性に寄与している可能性が示唆された。

キーワード：ファンクショナル・リーチ、腰椎・下肢関節角度、足圧中心の前後変位

はじめに

ファンクショナル・リーチ（Functional Reach：FR）テストは 1990 年に Duncan ら¹⁾によって考案された簡易バランススケールである。その評価の信頼性ととも転倒予測の指標としての有用性が報告されており²⁾、現在、臨床現場で多用されている。Duncan らの原法では片手リーチで測定することが示されているが、對馬ら³⁾の専用測定器を用いた検討結果によると、片手リーチ動作よりも両手リーチの方が再現性に優れることが明らかにされた。これは、片手 FR に比べて両手で行う FR 動作は体幹回旋の要素を排除でき、FR 中の姿勢制御が統一化されていくためであると考えられる。また、両手 FR は腰部の回旋要素がないため、片手 FR よりも高齢者や腰部疾患罹患患者に対してより適用しやすいと考え、変性腰椎すべり症罹患患者に対して両手 FR を施行した。その結果、FR 距離と本疾患の典型的症状である間欠性跛行が出現するまでの連続歩行距離の間に相関が認められた⁴⁾。この要因として、FR 動作中、リーチ距離の増大に伴い腰椎は前弯方向に運動し、その結果、狭窄症状を誘発したものと仮説を立てた。表面筋電図を用いた研究結果では、FR 動作中、多裂筋に過剰な活動が認められた⁵⁾。しかし、FR 動作中における実際の腰椎の運動については明らかにされていない。そこで本研究では、3 次元動作解析装置を用いて、両手 FR 動作における矢状面上の腰部と下肢関節角度の推移を、足圧中心変位（center of foot pressure：COP）とともに計測し、両手 FR 動作の運動学的特性を明らかにすることを目的とした。

対象と方法

対象は健常男子大学生 12 名（20.8±0.8 歳，22.1

±2.6kg/m²）とした。本研究の目的を十分説明し、口頭で同意を得て行った。

FR 動作は對馬ら³⁾の両手 FR に準じ、専用のリーチ計測器（リーチ計測器：GB-210，OG 技研社製）を用いて行った。計測器のスライド高を肩峰レベルに合わせ、スライドが両中指に触れる間隔に位置した。測定方法は、裸足閉脚立位にて左右対称の肢位を 5 秒間とった。その後、指示に従い両上肢前方 90° 挙上位を 5 秒間保持した後、合図に合わせて踵部を浮かすことなく体幹を前傾し、スライドを両手で可能な限り前方へ滑らせた。踵部が浮いたり、一側の中指がスライドから離れたり、あるいはバランスが崩れた場合は無効と見なし、再度測定を行った。計測前に数回練習した後、FR 動作を計 4 回計測した。両手 FR 距離は年齢とともに身長と関連する³⁾ため、全施行の測定データを平均化した後、身長（cm）で正規化して 100 を乗じた値を FR 距離として採用した。

FR 中の角度計測には、3 次元動作解析装置（VICON MX，Oxford Metrics 社製）を用いた。反射マーカーは、Plug In Gait 下肢モデルに従い、上前腸骨棘、上後腸骨棘、大腿外側部下 1/3、膝関節外顆中央、下腿外側部下 1/3、外果、踵部、第 2 中足骨頭（すべて左右）に貼付した。さらに、FR の限界点を見極めるため、右中指先端にマーカーを追加貼付した。装置はカメラ 8 台を使用し、各マーカーの 3 次元空間座標をサンプリング周波数 100Hz にて計測し、PC に取り込んだ。さらに、本研究では FR 中の腰椎角度についても計測を行った。腰椎の角度は、被験者直立位において左右方向を X、前後方向を Y、上下方向を Z とし、第 1、3、5 腰椎棘突起を指標として貼付した 3 つのマーカーの座標を VICON にて取得した。この座標の Y、Z 成分のみを使い、第 1 腰椎棘突起部と第 3 腰椎棘突起部のマーカーで作られる直線と、第 3 腰椎棘突起部と第 5 腰椎棘突起部のマーカー

で作られる直線のなす角度を腰椎の角度として算出した。被験者の右方向からみて、腰椎前弯を＋、後弯を－として表した。採用した角度は、矢状面上の腰部、股、膝、足関節で、安静直立位の角度を 0° として算出した。また、FR 中の各関節の最大角度を採用し、4 施行の各最大角度の平均値を算出した。データの採用区間は右中指先端のマーカーが前方に移動し始めた時点から最も前方に達した時点であった。

また、FR は 1 枚の床反力計 (AMTI 社製 BP400600HF-2000) 上で施行した。サンプリング周波数 100Hz にて計測し、得られたデータから、COP の前後変位を解析した。COP の位置が安定するリーチ開始前 2.5 秒間の上肢挙上位における COP の平均位置を算出し、そこからリーチ中の最大前方変位時の差を計算した。支持基底面の広さを考慮し、4 施行の値を平均し、足長 (cm) で除して 100 を乗じた値を COP 距離として採用した。

統計学的解析として、FR 距離、各関節最大角度、COP 距離の関連性について、Pearson の積率相関係数を用いて各々の関連性を検討した。処理には StatView for Windows (version 4.54) を用い、すべて危険率 5%未満を有意とした。

結 果

結果を Table1 に示した。各関節の運動方向ならびに COP の移動は全例、ほぼ同一の推移を示した。全例の FR 動作における計測時間を線形補間によって正規化して 100%に換算し、平均化した推移を Fig.1 に示した。FR 動作中、腰椎後弯、股関節屈曲、膝関節伸展、足関節底屈方向に運動した。また、COP は FR 開始直後に後方へ移動した後、大きく前方へ移動した。FR 動作中、股関節と COP、膝・足関節と腰椎は類似した推移を示した。

各項目の関連性について、FR 距離は全ての最大関節角度、ならびに COP 距離との間に有意な関連性は認められなかった。COP 距離は膝関節最大伸展角度 ($r=0.67$, $p<0.05$) と足関節最大底屈角度 ($r=0.60$, $p<0.05$) と有意な相関関係が認められたが、股関節屈曲角度との間には有意な関連性は認められなかった ($r=0.54$, $p=0.07$)。一例の FR 動作中の角度と COP、および床反力ベクトル

について Fig.2 に示した。

関節角度間の検討では、膝関節最大伸展角度と足関節最大底屈角度 ($r=0.63$, $p<0.05$) に有意な関連性が認められた。腰椎については、FR 距離、COP 距離、および他関節角度のいずれとも関連性が認められなかった。

考 察

本研究は両手 FR 動作中の矢状面における腰椎、下肢関節の角度と COP の前後変位の推移について検討した。その結果、FR 施行中は腰椎後弯、股関節屈曲、膝関節伸展、足関節底屈方向に運動が行われていることが示された。COP の移動は一度後方に変位した後、前方へ大きく移動しており、過去の研究結果⁶⁾を支持するものであった。FR 動作中の関節運動と COP の前方移動の推移をみると、股関節の屈曲によって直接的に COP が前方へ移動しているように捉えることができる。しかし、COP の前方移動距離と関連を認めたのは、膝関節伸展と足関節底屈、すなわち下腿の後傾に関与する関節運動であった。股関節が骨盤より上体を前方に移動させているのに対し、膝と足関節は大腿骨より下体を後方へ移動させている。COP 距離と膝関節伸展、足関節底屈の最大角度との正の相関は、FR 動作が COP の保持、すなわち安定性を優先した動作であることを示している。すなわち、股関節屈曲による COP の前方移動は膝関節伸展と足関節底屈による COP の安定化を基盤としていることがわかる。一方、腰椎の最大角度は COP の移動距離と関連性は認められなかったが、その推移は膝関節や足関節のそれと類似しており、腰部もまた重心の安定化に寄与していることが示唆された。

上記の関節角度の推移特性を踏まえて、変性腰椎すべり症罹患者の FR 動作の特性について考察する。研究前に立てた、FR 動作中は腰椎が前弯することで脊柱管や椎間孔の狭窄をもたらす、という仮説は本結果にて否定された。表面筋電図⁵⁾を用いた先行研究と本研究結果を照合すると、FR 動作中は腰椎が後弯方向へ運動し、それに伴い多裂筋などの腰椎を安定化する筋群の出力が増大したものと考えられる。腰椎と骨盤は腰仙関節を介して連動し、これは腰椎骨盤リズム⁷⁾と呼ばれている。本結果にて示された骨盤前傾 (股関節屈

Table1 The results of FR distance, maximum angles in each joint and COP distance
 All data represent average \pm SD. FR distance was normalized by individual tall (cm) and multiply 100. COP distance was normalized by individual foot length (cm) and multiply 100.

FR distance	COP distance	lumbar kyphosis ($^{\circ}$)	hip flexion ($^{\circ}$)	knee extension ($^{\circ}$)	ankle plantar- flexion ($^{\circ}$)
19.7 \pm 2.1	24.2 \pm 23.8	1.4 \pm 3.9	36.6 \pm 6.9	9.7 \pm 6.5	8.6 \pm 3.2

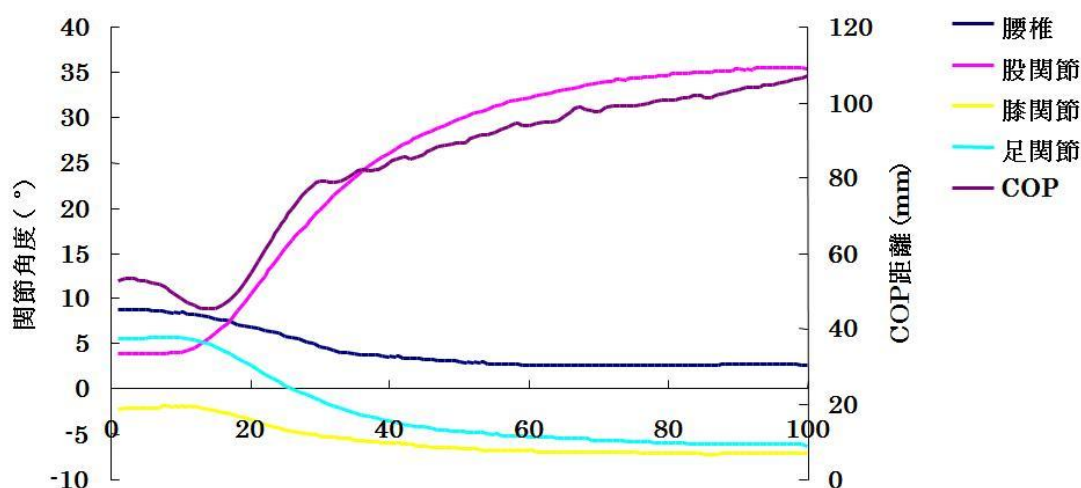


Fig.1 The change in joint angles and COP deviation during FR
 The change in joint angles and COP deviation represent all subjects' averaged data during FR. The horizontal axis expresses time from starting FR to reaching the maximum distance. The left vertical axis expresses angles, and right is COP deviation (plus represents lumbar kyphosis, hip flexion, knee flexion, ankle dorsiflexion, and forward in COP). COP values are row data.

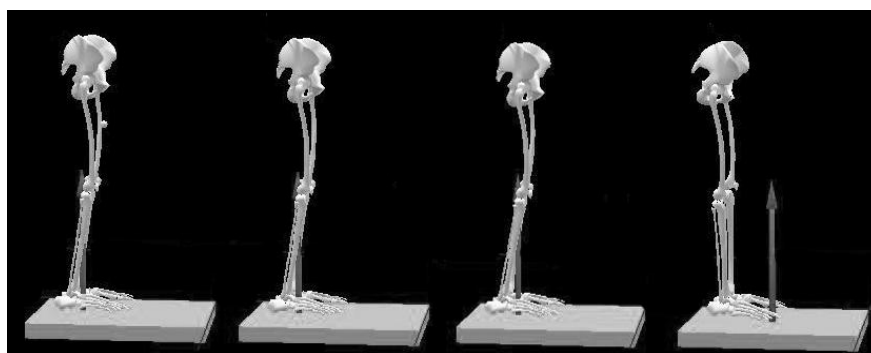


Fig.2 The change in joint angles, COP deviation and reaction force vector in backward and forward during FR
 Static standing (left), standing with arm elevated forward, starting FR, reaching maximum distance (right)

曲)に伴って腰椎後弯方向へ運動する「同側方向腰椎骨盤リズム」は、立位体前屈のような上肢のリーチを広げる課題に有利である⁷⁾。しかし、椎体動揺性を伴う変性腰椎すべり症では、腰椎後弯方向への運動により動揺椎体の前方すべりは増加する⁸⁾。そのため、FR動作により腰椎の前弯が減少するにつれて、多裂筋などの椎体の安定化を担う筋の負担は増大し、やがて筋力で対応できなくなると椎体の前方並進動揺が生じ、疼痛を惹起した可能性が想定される。しかし、当然ながら、本研究は健常若年者、しかも全例男性で対象者が少ないため、本結果を変性腰椎すべり症を対象とした先行研究⁴⁾に直接反映させることは困難である。今後は再度、実際の腰部疾患を対象として、FR動作における腰部の詳細な運動解析を行っていく必要がある。

本研究ではFR距離と各関節の最大角度、およびCOPの前方移動距離との間には相関関係が認められなかった。過去の片手FRについての検討では、対象疾患が各研究によって様々ではあるが、体幹前傾角度⁶⁾、脊柱柔軟性⁹⁾、あるいはCOP距離^{1,6)}などが片手FR距離に影響することが報告されている。今回採用したFR距離は身長で正規化したものであったが、他にも上肢長や足長¹⁰⁾などの身体特性についても考慮する必要があるかもしれない。また、今回の対象が20歳前後の男性と被検者特性に偏りがあったことも本結果に影響を与えている可能性がある。まず、FR距離に影響を及ぼす身体因子について明らかにしていくことが今後の課題であると考えられる。

文 献

- 1) Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al: Functional reach: A new clinical measure of balance. *J Gerontol* 45: M192-M197, 1990.
- 2) Duncan PW, Studenski S, Chandler J, et al: Functional Reach: Predictive validity in a sample of elderly male veterans. *Journal of Gerontol* 47: M93-98, 1992.
- 3) 對馬均, 對馬栄輝, 對馬圭, 他: ファンクショナルリーチの値は加齢によってどう変化するか? 弘前大保健記 5: 165-172, 2006.
- 4) 佐々木賢太郎, 千田益生, 堅山佳美, 他: 椎体動揺性を呈する変性腰椎すべり症における椎体同様程度と間欠性跛行の関連性. *理学療法科学* 23: 799-803, 2008.
- 5) 佐々木賢太郎, 神谷晃央, 小島聖: ファンクショナル・リーチ動作の筋電図学的解析. *理学療法科学* 24: 813-816, 2009.
- 6) Jonsson E, Henriksson M, Hirschfeld H: Does the functional reach test reflect stability limits in elderly people? *J Rehabil Med* 35: 26-30, 2002.
- 7) Neumann DA: *Kinesiology of the musculoskeletal system*. Mosby, St. Louis, 2002, pp404.
- 8) 佐々木賢太郎, 千田益生, 堅山佳美, 他: 変性腰椎すべり症における前方すべり程度と間欠性跛行の関連性. *理学療法科学* 23: 795-798, 2008.
- 9) Schenkman M, Morey M, Kuchibhatla M: Spinal flexibility and balance control among community-dwelling adults with and without Parkinson's disease. *J Gerontol* 55: M441-M445, 2000.
- 10) 藤澤宏幸, 有末伊織, 梁川和也, 他: ファンクショナル・リーチにおける姿勢の最適化に関する研究—幾何学モデルによる検証—. *理学療法科学* 35: 96-103, 2008.