

原著

## 動的立位条件における足圧中心移動距離と荷重率の再現性

The reproducibility of center of pressure moving distance and rate of loading under dynamic standing condition

國本 拓馬<sup>1)</sup>, 高梨 晃<sup>1)</sup>, 兎澤 良輔<sup>2)</sup>, 塩田 琴美<sup>3)</sup>, 橋口 広太郎<sup>1)</sup>, 関根 亜矢<sup>1)</sup>  
向 伸也<sup>1)</sup>, 榎本 雄介<sup>1)</sup>, 加藤 宗規<sup>2)</sup>, 山崎 裕司<sup>4)</sup>

Takuma Kunimoto<sup>1)</sup>, Akira Takanashi<sup>1)</sup>, Ryosuke Tozawa<sup>2)</sup>, Kotomi Shioda<sup>3)</sup>, Kotaro Hashiguchi<sup>1)</sup>, Aya Sekine<sup>1)</sup>  
Shinya Mukai<sup>1)</sup>, Yusuke Enomoto<sup>1)</sup>, Munenori Kato<sup>2)</sup>, Hiroshi Yamasaki<sup>4)</sup>

## 要 旨

健常者の左右反復重心移動時における足圧中心移動距離, 及び荷重率の再現性を検討した。対象は健常成人12名である。2枚の重心動揺計上に立位をとり, 重心を左右方向へ反復移動させた。X軸上の0地点から左右に最大変移した際の足圧中心までの距離を足圧中心移動距離とした。反復測定分散分析の結果, 足圧中心移動距離, 荷重率いずれも測定回数間において主効果を認めなかった。また, 足圧中心移動距離の級内相関係数(1,1)は, 右0.925, 左0.905であった。同様に, 荷重率は, 右0.846, 左0.778であった。さらに全ての指標において左右差を認めなかった。

健常者における左右反復重心移動時の足圧中心移動距離, 荷重率は, 優秀な再現性を有することが明らかとなった。

キーワード: 重心動揺計, 立位バランス, 再現性, 足圧中心移動距離, 荷重率

## Abstract

The purpose of this study was to clarify reproducibility of center of pressure (COP) moving distance and rate of loading. The subject was 12 healthy adults. The standing posture was taken on the movement of the center of gravity of the two sheets, and the center of gravity was repeatedly moved in the lateral direction. The distance from the 0 point on the X axis to the COP on the coordinate was taken as the COP movement distance, and the right and left rate of loading was measured from the left and right COP movement distance. For calculation of left and right center of pressure moving distance and rate of loading, average values were calculated for data of 0.5 seconds before and after the maximum value recording time point.

1) 医療法人社団 弘雄会 榎本整形外科

Enomoto Orthopedic clinic

2) 了徳寺大学 健康科学部 理学療法学科

Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Ryotokuji University

3) 一般社団法人こみゅスポ研究所

Institute Health and Community Sports

4) 高知リハビリテーション学院 理学療法学科

Department of Physical Therapy, Kochi Rehabilitation Institute

As a result of ranova analysis, the main effect was not observed in the measurement count of each of center of pressure moving distance and rate of loading. However, ICC (1,1) confirmed high reproducibility at left and right center of pressure moving distance and rate of loading. Furthermore, there was no significant difference in left / right difference in all indices. In the future, it is necessary to clarify the relevance to the existing dynamic balance evaluation and to study various diseases.

Key word: Gravicordar, Standing balance, Center of pressure moving distance, Reproducibility, Rate of loading

### 【はじめに】

望月<sup>1)</sup>は、種々の疾患によりバランス能力低下を示す者に対して、10cm離れた足位で左右への重心移動距離を測定している。その結果、歩行が自立している被験者では、疾患に関わらず左右ともに足圧中心（Center of Pressure；以下、COP）の移動距離が5 cmを超えていたと述べている。このことから立位での動的バランス検査の結果と歩行能力には強い関連性があるとされている。

歩行時には、両脚支持期から片脚支持期への移行の際に、体重心を一側足底の支持基底面内に収めることが求められる。歩行はこの動作の繰り返しであり、左右下肢への正確な重心移動の反復が要求される。これまでの動的バランス検査では、このような反復運動の要素が十分に考慮されていなかった。

本研究では、動的バランス評価の基礎的研究として、重心動揺計を用いて重心移動時間を規定した際の左右反復重心移動時のCOP移動距離及び荷重率の再現性について検討を行った。

### 【方法】

対象は、健常成人12名、平均年齢は39歳（26-57歳）であり、男性4名、女性8名、身長 $162.0 \pm 10.4$ （平均 $\pm$ 標準偏差）cm、体重 $59.1 \pm 12.9$ kg、BMIは $22.3 \pm 2.5$ kg/m<sup>2</sup>であった。

重心移動の測定には、重心動揺計（ユニメック社製、重心バランスシステムJK-101Ⅱ：測定周波数20Hz）を用いた。2枚の重心動揺計の合わさる中央から左右それぞれ5 cmずつ離れた位置に足部内側が平行になるように立位をとらせた（図1）。また測定中は、重心動揺計から1 m離れた壁に貼った目線の高さのマーカを注視するよう指示した。左右

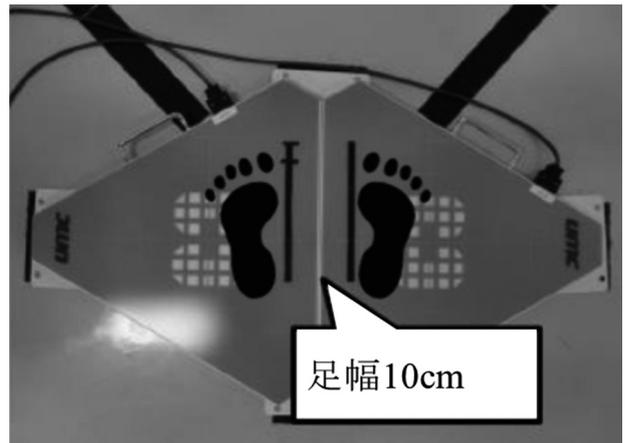


図1 重心動揺計

反復重心移動は、右への最大重心移動から左への最大重心移動を毎秒1回鳴るメトロノーム音に合わせて3秒間で行い、次の3秒間で左から右へ最大重心移動を行う動作を繰り返させた。これを60秒間、計10往復行った。被験者には、左右重心移動時は非荷重側の下肢は持ち上げず、足底が全面接地した状態で行うこと、体幹側屈などの代償動作を可能な限り行わないよう指導し、一度練習を行った（図2）。

一側に最大に移動したところから、もう一側へ最大に移動した際の、荷重計中心位置（2枚の荷重計の中心）から移動方向のCOP移動距離（mm）を計測し、さらに荷重量と体重から荷重率（%）を求めた。COP移動距離及び荷重率の算出については、それぞれの最大値記録時点から前後0.5秒間のデータの平均値を算出した（図3、4）。データは、1往復目と10往復目を除いた中間8往復のデータを採用した。

COP移動距離及び荷重率について反復測定法による一元配置分散分析を用い、全16（左右 $\times$ 8往復）データに対して反復回数間の比較を行った。COP

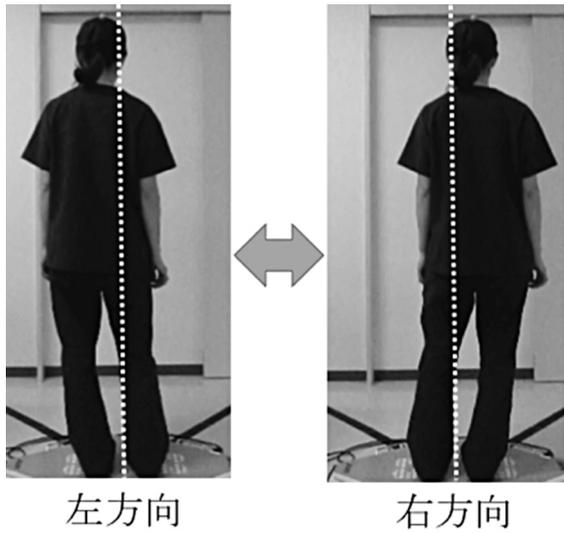


図2 左右反復重心移動例

左右各々一側に最大重心移動したところから、もう一側へ最大重心移動する動作を反復した

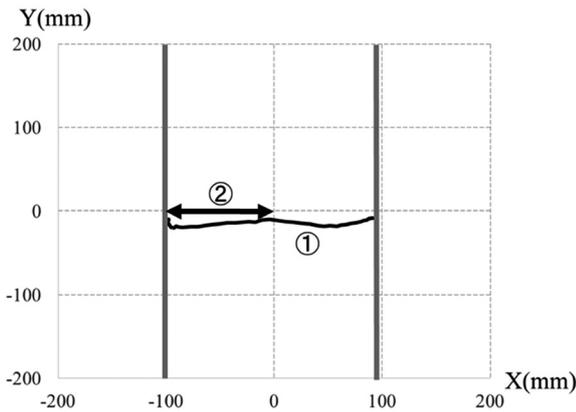


図3 最大COP移動距離の測定例

- ① 右へ最大重心移動した位置から左へ最大重心移動した際のCOPの軌跡
- ② 左へ最大重心移動した際のCOP位置から2枚の荷重計の中心位置（座標上の0地点）までの直線距離

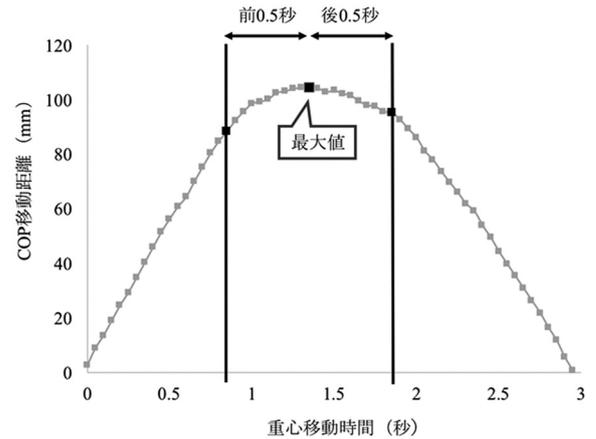


図4 COP移動距離算出例

左右重心移動した際のCOP移動距離の最大値記録時点から前後0.5秒間のデータの平均値を算出した

移動距離及び荷重率の再現性に関して、級内相関係数 (intraclass correlation coefficients ; 以下, ICC) を用いて検討した。左右差については、対応のないt検定を用いて検討した。なお、統計ソフトはR2.8.1を用い、有意水準は5%とした。

倫理的配慮としては、本研究では全ての対象者に研究の意義、内容、実施手順を説明し、書面にて同意を得た上で測定を実施した。

【結果】

反復測定分散分析の結果、COP移動距離及び荷重率は、左右ともに回数間に主効果を認めなかった。また、ICC (1, 1) は、COP移動距離の右が0.925、左が0.905であった。同様に、荷重率は、右が0.846、左が0.778であった (表1)。

左右のCOP移動距離、荷重率には有意差を認めなかった (表2)。

表1 反復重心移動動作における各指標の級内相関係数

	右		左	
	右ICC (95%CI)	SEM	左ICC (95%CI)	SEM
COP移動距離	0.925 (0.849~0.973)	5.444	0.905 (0.814~0.966)	4.567
荷重率	0.846 (0.714~0.943)	2.632	0.778 (0.610~0.914)	2.144

CI : confidence interval (信頼区間)

SEM : standard error of mean (標本平均の標準誤差)

表2 反復重心移動動作の各指標における方向間の差

		平均±標準偏差		
COP移動量 (mm)	右	76.6±18.5	□	ns
	左	72.7±14.3		
荷重率 (%)	右	88.1±6.0	□	ns
	左	89.1±4.1		

ns : not significant

### 【考察】

本研究では、重心動揺計を用いた左右反復重心移動評価の基礎的研究として、健常者における左右反復重心移動時のCOP移動距離、荷重率の再現性について検討を行った。

反復測定による一元配置分散分析にて左右それぞれの反復回数間の比較を行った結果、主効果を認めなかった。健常者における左右反復重心移動では、重心移動を反復しても同程度の安定した重心移動が可能なが明らかとなった。また、COP移動距離、荷重率は左右ともにICCが0.7以上であった。対馬<sup>2)</sup>はICCが0.7以上であれば信頼性は良好と考えてよいとしている。以上のことから、左右反復重心移動におけるCOP移動距離、荷重率の再現性は良好なものと考えられた。さらに、COP移動距離、荷重率ともに左右差を認めなかった。このことから、健常者では左右へ同程度重心を移動することが可能なものと考えられた。

最後に本研究の限界について述べる。本研究では、左右への重心移動を6秒間の設定で行った。これは、これ以上速度を上げると切り返しの際の加速度によってノイズが生じ、計測が困難になったため

である。しかし、健常な男女の快適歩行での歩行率は、男性で1.88steps/sec、女性で1.90steps/secと報告<sup>3)</sup>されている。この重心移動リズムの違いが、歩行時の重心移動能力を評価する上で何らかの影響を与える可能性がある。また、今回の解析周波数は20Hzで行ったが、より詳細にCOP移動距離及び荷重率を分析するために測定周波数を変更して検討を行っていく必要があるかもしれない。

今後は、対象者数を増加させ健常人における基準値を作成するとともに、歩行自立に必要な重心移動能力についても明らかにする必要がある。

### 【文献】

- 1) 望月 久：バランス能力測定法としての直立検査。理学療法-臨床・研究・教育15：2-8, 2008.
- 2) 対馬栄輝：信頼性指標としての級内相関係数。弘前大学 医学部 保健学科 統計学資料2, [www.hs.hirosaki-u.ac.jp/~pteiki/research/stat/icc.pdf](http://www.hs.hirosaki-u.ac.jp/~pteiki/research/stat/icc.pdf) (閲覧日2017年7月10日)
- 3) 関屋 昇, 長崎 浩・他：正常歩行における歩行速度, 歩行率, 歩幅の相互関係。理学療法学21 (suppl2) : 416,1994.