

# 立位姿勢の安定感と重心動揺計による バランス能力評価指標との関連性

望月 久

文京学院大学 保健医療技術学部 理学療法学科

## 要旨

本研究では立位姿勢の主観的安定度と重心動揺計による評価指標との関連性を検討した。対象は健常者16名（男6名，女10名，平均年齢34.0歳）であった。立位条件は20cm開脚位，10cm開脚位，閉脚位，閉眼閉脚位，左片脚位とした。各立位条件において，主観的安定度評価尺度による安定感と，重心動揺計を用いて重心動揺面積と姿勢安定度評価指標（IPS）を測定した。立位姿勢保持の主観的安定度は重心動揺面積（ $r = -0.85$ ）およびIPS（ $r = 0.91$ ）と強い相関を示したが，IPSとの関連がより強い傾向があった。以上の結果から，私たちは身体の動揺のみでなく，安定性限界の大きさと身体の動揺の大きさの相対的な関係から姿勢の安定度を判断していることが推測された。

## キーワード

主観的安定度，重心動揺面積，姿勢安定度評価指標

## 1. はじめに

臨床的なバランス能力の評価指標には，Berg balance scale<sup>1)</sup>，Timed Up and Go Test<sup>2)</sup>，Functional Reach<sup>3)</sup>など被験者にバランスに関連する検査課題（課題動作）を課しその達成度を検者が観察または測定するものと，Falls Efficacy Scale<sup>4,5)</sup>，Activities-specific Balance Confidence Scale<sup>6)</sup>など被験者が課題動作や活動を実施している時の安定感を被験者自身に回答させるものがある。また，測定機器を用いたバランス能力の客観的評価指標として，重心動揺計による足圧中心測定から得られる矩形動揺面積，外周動揺面積，実効値面積，軌跡長などが多用されている<sup>7)</sup>。

姿勢保持や動作を遂行する時に感じる安定感による評価は主観的で評価指標としては曖昧な印象を受けるが，Schieppariら<sup>8)</sup>は，“0：worst（最も不安定。閉眼で片脚

立位をとっている感じ。足が床についた場合は0）”から，“10：best（最も安定。両手でしっかりとした手すりにつかまって開眼開脚で立っている感じ）”，の0～10の数字に対応した主観的な安定度と足圧中心動揺面積の対数値の間に直線関係があることを報告している。理学療法実施に際してのバランス能力評価において，被験者がどのような情報（要因）から主観的な安定度を判断しているのか，また，主観的な安定度とそれらの要因との関連性を知ることが臨床上有用と思われる。

本研究では立位姿勢保持における主観的な安定度と重心動揺計によるバランス能力評価指標との関連性を調査し，私たちが姿勢の安定感をどのような情報から判断しているかを明らかにすることを目的とした。

## 2. 対象

健常者 16 名 (男 4 名, 女 12 名) を被験者とした (表 1)。本研究は研究実施施設の倫理審査を受け, 測定に際しては被験者に書面による説明を行い, 同意を得て実施した。

表 1 被験者の内訳

人数	16 名	(男 6 名, 女 10 名)
年齢	34.0 ± 6.8 歳	(範囲: 20 ~ 40 歳)
身長	165.1 ± 7.1 cm	
体重	57.4 ± 8.8 kg	

## 3. 方法

支持基底面 (足位) と視覚条件 (開眼と閉眼) を変化させることにより安定性の異なる測定条件を設定した。測定条件は安定性の高い順に, ① 足底内側を平行に 20 cm 離れた開脚立位 (20 cm 開脚位), ② 足底内側を平行に 10 cm 離れた開脚立位 (10 cm 開脚位), ③ 足底内側を接した閉脚立位 (閉脚位), ④ 閉眼閉脚位, ⑤ 左片脚位とした。

主観的な姿勢の安定度の測定には, Hellestrom ら<sup>5)</sup> の falls efficacy scale や Borg による主観的運動強度<sup>9)</sup>などを参考に表 2 のような主観的安定度評価尺度を作成した。被験者に ① から ⑤ の測定条件で 10 秒間立位姿勢を保持させ, その時の安定性が尺度の何点に相当するかを被験者に尋ね, 回答を記録した。また, 主観的安定度評価尺度の信頼性を確認するため, 1 週間以上の間隔を開け測定順序をランダムに変えて 2 回目の測定を実施し, 1 回目と 2 回目の一致度および相関関係を検討した。

重心動揺計による評価指標として, 重心動揺面積 (実際には足圧中心動揺であるが姿勢保持においては足圧中心と重心線はほぼ一致するので重心を反映するものとして扱った)<sup>10)</sup> と姿勢安定度評価指標 (Index of Postural Stability, 以下 IPS と略す)<sup>11)</sup> を測定した。

重心動揺面積および IPS の測定には重心動揺計 (酒井医療製アクティブバランサー, 測定周波数 20 Hz) を用いた。被験者を裸足または薄手の滑らない靴下を履いた条件で重心動揺計に乗せ, 測定条件の足位をとらせた。前方には目標物を設けなくて両腕を体側に垂らし立位姿勢を保持させた。重心動揺面積は各測定条件の立位で最も安定した状態で立位姿勢を保持させ, 初期の動揺がおさまってから 15 秒間の矩形動揺面積とした。

IPS は望月らが考案した重心動揺計を用いたバランス能力の評価指標であり, Berg Balance Scale と強い相関をもち, 被験者の歩行能力とも関連性を有している<sup>11)</sup>。IPS の基本的な考え方は, 「一定の支持基底面内で重心移動できる範囲である安定性限界 (stability limits) 内に身体重心線が収まっていることが姿勢保持の要件であり, 安定性限界が大きく重心動揺が小さいほど安定域から重心線の外れる確率が低くなり, 姿勢保持の安定性は高くなる」というものである。この考え方を数値化するために, 安定性限界面積と重心動揺面積の比の対数値を用いている。

IPS を求めるために, 中央および前方・後方・右方・左方の順で重心移動した位置において, 初期の大きな動揺がおさまった時点から重心動揺を測定した。重心動揺の測定時間は使用した重心動揺計の初期設定の最小値である 15 秒とした。被験者には「前方を向いたまま安定して立位を保てる範囲で, 前方 (つま先に体重がかかり踵が浮くような感じ), 後方 (踵に体重がかかりつま先が浮くような感

表 2 主観的安定度評価尺度

姿勢保持または動作を実施しているときの安定感 (主観的な判断) を, 説明を参考にして 0 から 10 の数字で答えてください

0	実行不能
1	とても不安定 (今にも転倒しそうで不安)
2	
3	やや不安定 (転倒する不安がある)
4	
5	比較的安定 (押されたりしなれば転倒する不安はない)
6	
7	安定 (少しくらい押されても転倒する不安はない)
8	
9	とても安定 (強く押されても転倒する不安はない)
10	完全に安定 (絶対に倒れない)

じ), 右方(左足が浮かない範囲で体重を右足にかける), 左方(右足が浮かない範囲で左足に体重をかける)に重心を移動し, その位置でなるべく静止するように指示した. 測定は1回のみとし, 被験者ごとに乱数表を用いて測定順序をランダム化した.

安定性限界面積は前後, 左右の重心移動位置における平均重心位置の距離を乗じた矩形面積として算出した. 重心動揺面積は中央・前方・後方・右方・左方に重心移動した位置における15秒間の矩形重心動揺面積の平均値を用いた. IPSは $\log[(\text{安定性限界面積} + \text{重心動揺面積}) / \text{重心動揺面積}]$ として算出した(図1).

主観的安定度評価尺度は間隔尺度に準じると仮定して, 主観的安定度と重心動揺面積, IPSとの関連性はPearsonの相関係数を用いて検討した.

## 4. 結果

主観的安定度評価尺度の1回目と2回目の測定間隔は平均で15.3日(8~25日)であった. 測定全体での一致度は, 差のないもの:31.2%,  $\pm 1$ のもの:40.3%,  $\pm 2$ のもの:15.6%であり,  $\pm 1$ 以内が71.4%,  $\pm 2$ 以内が87.0%であった. 1回目と2回目の被験者ごとのPearsonの相関係数の平均値は $0.84 \pm 0.14$ であった.

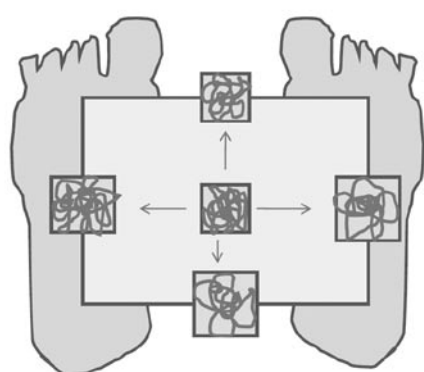
各測定条件における主観的安定度は, 20cm開脚位: $9.0 \pm 1.1$ (平均値 $\pm$ 標準偏差), 10cm開脚位: $8.4 \pm 1.2$ , 閉脚位: $7.5 \pm 1.5$ , 閉眼閉脚位: $5.1 \pm 1.4$ , 左片脚位: $4.5 \pm 1.4$

となり, 支持基底面が狭くなるのにしたがって低下した. 重心動揺面積は, 20cm開脚位: $0.6 \pm 0.4 \text{ cm}^2$ , 10cm開脚位: $1.4 \pm 0.8 \text{ cm}^2$ , 閉脚位: $2.5 \pm 1.2 \text{ cm}^2$ , 閉眼閉脚位: $7.1 \pm 4.4 \text{ cm}^2$ , 左片脚位: $5.2 \pm 2.7 \text{ cm}^2$ となり, 全体としては支持基底面が狭くなるにつれ増加する傾向を示したが, 左片脚位より閉眼閉脚位の方が大きな動揺を示した. IPSの値は, 20cm開脚位: $2.32 \pm 0.10$ , 10cm開脚位: $2.04 \pm 0.10$ , 閉脚位: $1.53 \pm 0.13$ , 閉眼閉脚位: $0.91 \pm 0.18$ , 左片脚位: $0.54 \pm 0.09$ で, 支持基底面が狭くなるのにしたがって順次低下した(表3).

主観的安定度と重心動揺面積とのPearsonの相関係数は $-0.85 \pm 0.12$ , IPSでは $0.91 \pm 0.06$ であった. 主観的安定度とIPSの関係をグラフにプロットすると, IPSが1.0付近より大きくなると, 主観的安定度が安定(少しくらい押されても転倒する心配はない)に近くなり安定感が増す傾向があった(図2).

## 5. 考察

今回測定したIPSの値は15秒間の重心動揺面積を用いて算出し, 足底内側10cm開脚位でのIPSの値は $2.04 \pm 0.10$ であった. この値は望月らの報告<sup>10)</sup>による10秒間の重心動揺面積を用いた健常者(平均年齢 $34.3 \pm 9.6$ 歳)のIPSの値 $2.15 \pm 0.15$ よりやや小さい値となった. IPSの計算式において対数の真数部分は $(1 + \text{安定性限界面積} / \text{平均重心動揺面積})$ となる. 重心動揺面積は測定時間が



平均重心動揺面積:

$\Rightarrow (\text{中央} + \text{前方} + \text{後方} + \text{右方} + \text{左方}) / 5$   
(各位置での15秒間の矩形動揺面積の平均値) 与えられた姿勢(支持基底面)での平均的な動揺の程度を示す指標

安定性限界面積:

$\Rightarrow$  前後方向と左右方向の重心移動距離の積 与えられた姿勢(支持基底面)で, 重心を移動できる範囲を示す指標

$$\text{姿勢安定度評価指標} = \log \frac{\text{平均重心動揺面積} + \text{安定性限界面積}}{\text{平均重心動揺面積}}$$

Index of postural stability

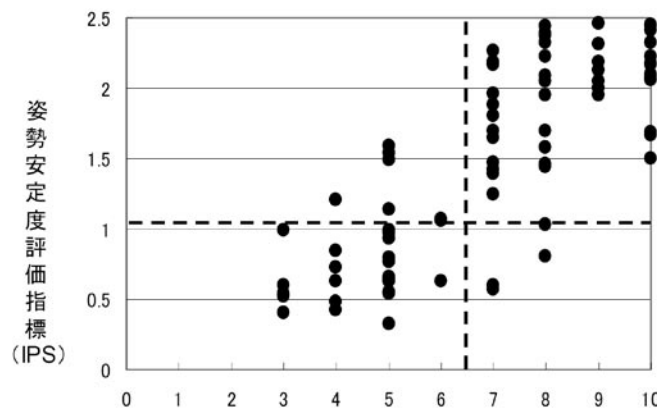
重心の揺らぎに対して, どの程度余裕があるかを示す. IPSが大きいほど重心が安定性限界から逸脱せず, 長い時間姿勢を保てる(安定性がある)と考えられる

図1 姿勢安定度評価指標の概念図

表3 測定条件による主観的安定度と重心動揺計によるバランス能力評価指標の変化

	20 cm 開脚位	10 cm 開脚位	閉脚位	閉眼閉脚位	左片脚位
主観的安定度					
1 回目	9.0 ± 1.1	8.4 ± 1.2	7.5 ± 1.5	5.1 ± 1.4	4.5 ± 1.4
2 回目	8.9 ± 1.1	8.2 ± 1.4	7.0 ± 1.9	6.0 ± 1.8	4.4 ± 1.2
重心動揺計によるバランス指標					
重心動揺面積 (cm <sup>2</sup> )	0.6 ± 0.4	1.4 ± 0.8	2.5 ± 1.2	7.1 ± 4.4	5.2 ± 2.7
安定性限界面積 (cm <sup>2</sup> )	265.5 ± 47.6	190.1 ± 46.3	97.3 ± 31.8	67.0 ± 29.9	14.1 ± 3.6
IPS	2.32 ± 0.10	2.04 ± 0.10	1.53 ± 0.13	0.91 ± 0.18	0.54 ± 0.09

平均値 ± 標準偏差



主観的安定度評価尺度による安定度

IPS がほぼ 1.0 を越すと、主観的安定度が 7：安定（少しくらい押されても姿勢を保持できる）と判断する被験者が大部分を占めるようになる

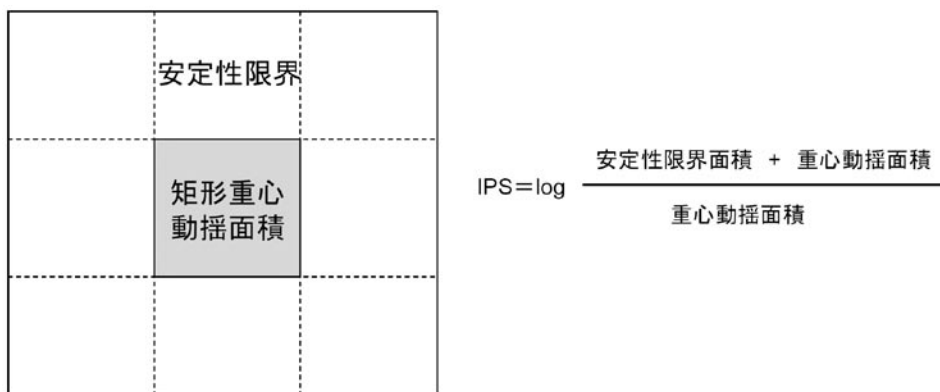
図2 主観的安定度と姿勢安定度評価指標（IPS）との関連性

長くなると増加する傾向を示すので、IPS の計算式の分母がやや大きくなった分、10 秒間の測定より 15 秒間の測定による IPS の値は小さくなったものと思われる。

支持基底面が狭小化すると主観的安定度は低下し、重心動揺面積は増加する傾向を示したが、重心動揺面積は閉眼閉脚位の値が最も大きかった。主観的安定度と重心動揺面積の相関は高く、Schieppari らの報告<sup>8)</sup>のように主観的安定度と身体の動揺の程度が深く関わっていることが推測できる。理学療法士を対象に行ったバランス能力評価に関するアンケート調査<sup>12)</sup>でも、理学療法士は被験者のバランスの良し悪しを検査課題遂行の可否、課題遂行中の身体の動揺の程度、動作の円滑性などから評価しているという結果が得られており、身体の動揺の程度は姿勢の安定性やバランス能力の評価において重要な要素であることが分かる。

IPS は支持基底面が狭小化するに伴い低下し、主観的安定度と IPS との相関（平均で 0.91）は重心動揺面積との相関（平均で -0.85）より強い傾向を示した。IPS は安定性限界に対する重心動揺面積の割合を示しており、これは被験者が身体動揺の大きさのみでなく、重心を動かせる範囲である安定性限界の大きさと重心動揺の大きさの相対的な関連性から、姿勢の安定度を感覚的に評価しているためと考えられる。またこの結果は、姿勢の安定性を高めるためには安定性限界を拡大することが重要であることを示唆している。

IPS が 1.0 付近より大きいと「安定」と判断する割合が大きくなるが、IPS の計算式から IPS = 1.0 のときは安定性限界面積が重心動揺面積の 9 倍になる。したがって単純に矩形面積で安定性限界と重心動揺の関係を考えると、前後・左右方向とも安定性限界が重心動揺の 3 倍位あると安



右上の計算式から、IPS=1.0 のとき、重心動揺面積と安定性限界の比は 1:9 となる。したがって、主観的安定度が 7 以上で「安定」と判断しているときは前後・左右方向の安定性限界は重心動揺幅の 3 倍以上あることが推測される

図 3 姿勢安定度評価指標 (IPS) = 1.0 のときの重心動揺面積と安定性限界の関係

定した姿勢が保てると解釈することができる (図 3)。このような関係が成り立つことが検証できれば、一つの姿勢における重心動揺面積の測定から、その姿勢を安定に保持するために必要な重心移動能力が推定できるので、バランス能力の評価や運動療法に有用であろう。

本研究において、作成した主観的安定度評価尺度の再現性からみた信頼性は検証できたが、妥当性の検証はなされていない。したがって上述の検討は主観的評価尺度による姿勢の安定度との関連に限定されることが本研究の限界である。

## 文献

- 1) Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, Gayton D. Measuring balance in the elderly: Preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada* 1989; 41: 304-311.
- 2) Podsiadlo D, Richardson S. The timed "up and go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *JAGS* 1991; 39: 142-148.
- 3) Duncan P, Studenski S, Chandler J, Prescott B. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol* 1990; 45: M192-197.
- 4) Tinetti ME, Richman D, Powell L. Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J. Gerontol*, 1990; 45: 239-243.
- 5) Hellstrom K, et al. Fear of Falling in Patients with Stroke: a Reliability Study. *Clinical Rehabil* 1999; 13: 509-517.
- 6) Powell LE, Myers AM. The activity-specific balance confidence (ABC) scale. *J Gerontol A Bio Sci Med Sci* 1995; 50A: M28-M34.
- 7) 日本平衡神経学会編：平衡機能検査の実際 (第 2 版), 南山堂, 1991, p126-133.
- 8) Schieppari PB, et al. Subjective Perception of Postural Sway. *J. Neuro Neurosurg Psychiatry* 1999; 66: 313-322.
- 9) Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377-391.
- 10) 望月久, 峯島孝雄, 重心動揺計を用いた姿勢安定度評価指標の信頼性および妥当性, *理学療法学*, 2000; 27: 199-103.
- 11) Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement* 2nd ed. Wiley-Interscience, 1990.
- 12) 望月久, 金子誠喜, 臨床的バランス能力評価指標に関するアンケート調査報告, *理学療法科学*, 2009; 24: 205-213.

## The Relationship between the Perceived Postural Stability and Indices of Balance Ability Measured by Posturography

Hisashi Mochizuki

Department of Physical Therapy, Health Science Technology,  
Bunkyo Gakuin University

### Abstract

The aim of this study was to clarify the relationship between the perceived postural stability and indices of balance ability measured by posturography. Subjects were 16 healthy men and women. The perceived postural stability, the sway area and the Index of Postural Stability (IPS) were measured in 5 standing conditions; wide base (20 cm), wide base (10 cm), feet together, feet together with eyes closed, and one leg standing. The correlation between the perceived postural stability and the sway area was  $-0.85$ , and the correlation between the perceived postural stability and IPS was  $0.91$ . These results indicate we judge the perceived postural stability not only from the magnitude of postural sway, but also from the relation between the magnitude of postural sway and the stability limits.

**Key words** —— perceived postural stability, sway area, Index of Postural Stability

Bunkyo Journal of Health Science Technology vol.2: 55-60