



Title	床面の違いが立位バランス能力に与える影響
Author(s)	笠原, 敏史; Kasahara, Satoshi; 名古屋, 薫 他
Citation	北海道リハビリテーション学会雑誌, 36, 45-50
Issue Date	2011-06-30
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/47043">https://hdl.handle.net/2115/47043</a>
Type	journal article
File Information	re-manuscript.pdf



投稿区分：研究と報告

表題：床面の違いが立位バランス能力に与える影響

The effect of the floor surface on the balance ability during standing in healthy youths

著者及び共同著者：名古屋薫<sup>1)</sup>、高田美咲<sup>1)</sup>、笠原敏史<sup>1),2)</sup>

Kaoru Nagoya<sup>1)</sup>、Misaki Takada<sup>1)</sup>、Satoshi Kasahara<sup>1),2)</sup>

所属：1) 北海道大学医学部保健学科理学療法学専攻 School of Medicine, Department of Health Sciences, Division of Physical Therapy, Hokkaido University

2) 北海道大学大学院保健科学研究院機能回復学分野 Faculty of Health Sciences, Department of Rehabilitation, Sciences, Hokkaido University

連絡先：笠原敏史

〒060-0812 札幌市北区北12条西5丁目

北海道大学大学院保健科学研究院機能回復学分野

tel: 011-706-3391 fax: 011-706-3391

e-mail: kasahara@cme.hokudai.ac.jp

Key Words:、姿勢制御、立位バランス、足底刺激

Postural control, Balance, Plantar stimulation

< A b s t r a c t > 2 8 4 w o r d s

In this study, to clarify the effect of the intervention of somatosensory information on the standing posture and performance, we investigated the center of pressure (COP) during the standing under the different condition of the floor surface in seven healthy young subjects. Subjects were asked to stand on three different floor surfaces including the hard surface, the stimulus surface and the foam cushion surface and to perform the static and dynamic balance task under the eye-open or eye-closed condition. Furthermore, subjects were asked to perform these tasks with one leg or both legs. The ordinate data of the COP was measured with one force plate. The postural stability during the static balance task was assessed with the COP sway by calculating the standard

deviation of the ordinate data of the COP. The mobility during the dynamic balance task was assessed with the forward or backward voluntary maximum displacement from the center of the force plate, and the sum of the forward and backward displacement was calculated as the total displacement. All COP data was normalized with each subject's foot size. The COP sway during the eye-closed condition was increased more than that during the eye-open condition. The total and backward COP displacement was reduced significantly during the eye-closed condition compared with the eye-open condition. The performance of the static and dynamic balance task under the foam cushion condition was lower significantly than that under other two conditions. Also, the performance of the dynamic balance task

under the stimulus condition was lower significantly than that under the hard condition. Our findings show that the change of the floor surface leads to the decrease of the stability and mobility of the standing posture in healthy youths.

< 和 文 要 約 > ( 3 7 3 文 字 )

健康若年者 7 名を対象に足底接地面、つまり、床面の違いが立位バランス能力に及ぼす影響について調べた。被験者は立位での静的バランス課題と動的バランス課題を開眼または閉眼、両脚または片脚立位の状況で行った。計測は床反力計上で行われ、床面条件は床反力計の上に何も置かない、足底刺激板、発泡クッションを床反力計の上に設置した 3 条件とした。静的バランス課題時の動揺量を COP 前後方向の座標データの標準偏差値で算出した。動的バランス課題時の床反力計の中心から前後方向への COP の最大移動距離と総移動距離を求めた。閉眼時の COP 動揺量は開眼時に比べ増大し、前方向を除く COP 移動距離は閉眼時で開眼時に比べ有意に低下した。発泡クッション上での成績が静的および動的バランス課題とも最も低かった。今回の研究から、床面の違いが健康若年者の立位バランスに影響を与えることが明らかとなった。

## はじめに

姿勢制御は体性感覚系、視覚系、前庭迷路覚系からの情報を頼りにする<sup>1)</sup>。加齢や疾病などによって引き起こされたこれらの感覚モダリティの障害は日常生活動作や生活の質を低下させる大きな要因となる。

理学療法ではバランス能力向上のために足底感覚情報を用いた感覚フィードバック訓練を行う。立位でのバランス訓練は様々な素材（例えば、バランスボールや凹凸のある柔らかいクッションなど）の上で静的立位や運動を組み合わせて行われるが、立位バランス能力への足底接地面の違いや足底への刺激による効果は十分に説明されていない。竹内<sup>2)</sup>は後足部への足底への刺激が後方への随意的な足圧中心(COP)の移動距離を増大させると報告している。長嶺ら<sup>3)</sup>は足底刺激が静的重心動揺には影響を及ぼさず、動的重心動揺の値は向上したと報告している。一方、衝撃吸収材を用いた柔らかい素材の上では足底感覚情報の減少を引き

起こし、反応潜時が低下する<sup>1)</sup>。臨床現場では足底感覚情報を操作するための足底接地面の設定は経験的に行われることが多い。

本研究では足底接地面、つまり、床面の違いが立位バランス能力に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。さらに、両脚立位での運動課題に加え、高齢者の転倒や片麻痺患者の歩行能力や歩行予後との相関が示されている片脚立位<sup>4)</sup>での運動課題についても調査した。

## 方法

健常若年男女7名(男性4名、女性3名、平均年齢 $22.0 \pm 0.6$ 歳、平均身長 $165.7 \pm 3.4$ cm、平均体重 $56.4 \pm 6.9$ kg、平均足長 $23.7 \pm 1.3$ cm)を対象とした。過去半年以内に神経学的及び整形学的疾患を有さない者とした。全被験者に対して実験前に十分に説明し、同意を得て行った。

床反力計(9286A、KISTLER社製)、足圧中心の位置を表示できるディスプレイを使用した。被験者は歩隔を肩幅とし、両上肢を胸部前面で

交差させ、裸足で床反力計上に立つ。被験者の両外果を結ぶ直線から前方 5 cm に床反力測定板の中心が一致するように足部の位置を一致させた。視覚条件は開眼と閉眼の 2 条件とした。床面は ① 硬い床面 (コントロール条件)、② 足底刺激条件、③ 発泡クッション (フォーム条件) とした。コントロール条件は床反力計の計測板のみで計測した (図 1-a)。足底刺激条件は直角二等辺三角柱 (底辺 1.4 cm × 高さ 0.7 cm × 長さ 4.5 cm) を用いて 25 本を 1.5 cm 間隔に配置して凹凸を形成し、計測板の上に設置した (図 1-b)。足底刺激条件時の足底刺激の強さは視覚的アナログ尺度 (最大: 10 cm) を用いて問診した結果、平均  $1.6 \pm 2.0$  cm であった。フォーム条件は AIREX 社製発泡クッションを計測板の上に固定した (図 1-c)。発泡クッションの反発力は硬度計 (TRY-ALL 社製) で計測した結果、足底接地部で平均 0.67 N であった。発泡クッションの面全体の縮小は 10 kg の重さに対して 1 mm であった。

被験者が COP を床反力計の中心に一致させた後、ディスプレイを隠し実験を開始した。実験課題は静止バランス課題と動的バランス課題とし、各視覚および床面条件で両脚と片脚立位で行った。静的バランス課題は 20 秒間の立位姿勢保持とした。動的バランス課題は COP の随意的な前後方向への最大移動とした。被験者はメトロノームの音刺激（60 打 / 分）に合わせて 3 秒かけて前方または後方へ COP を移動し、最大位置で 3 秒間保持した。動的バランス課題は 3 試行行わせた。従って、被験者は 2（視覚条件）× 3（床面条件）× 2 条件（立位条件）× 2（運動課題）の 24 条件を行った。

COP の前後方向の座標データのデータサンプリングレートは 100 Hz とした。静的バランス課題は安定した 5 秒間の標準偏差の平均値を COP 動揺量として評価した。動的バランス課題は床反力計の中心から前方または後方への COP 最大移動距離とその和を求めた。数値は各被験者の足長で正規化し（% 表示）、全被

験者の平均値と標準偏差値で表した。

全ての値は各被験者の平均値を求めた後、全被験者の平均値と標準偏差値で表した。視覚条件と床面条件の違いを調べるために2元配置分散分析を行った。その後、有意差のみられた項目に関しては多重比較検定を行った（有意水準0.05以下）。

## 結果

片脚立位での動的バランス課題は全員行うことが出来なかったため、この課題での動的バランス課題の視覚条件に関する統計処理を行うことが出来なかった。

表1に静的バランス課題でのCOP動揺量を示す。両脚及び片脚の両条件において、COP動揺量に視覚条件と床面条件の相互作用がみられた（両条件とも $p < 0.01$ ）。各要因の主効果について検討し、いずれの床面条件においても視覚条件に関する有意な単純効果が認められ（ $p < 0.01$ ）、開眼時に比べ閉眼時で有意にCOP動揺量が増大していた。床面がフォーム条

件のときに COP 動揺量が他の 2 条件に比べ有意に増大していた ( $p < 0.01$ )。

表 2 に両脚立位時の動的バランス課題の COP 移動距離を示す。COP の前方、後方及び総移動距離に視覚条件と床面条件の相互作用はみられなかった。各要因の主効果について検討し、後方 COP 移動距離と COP 総移動距離に視覚条件の有意な単純主効果がみられ (後方 COP 移動量、COP 総移動量とも  $p < 0.05$ )、開眼時に比べ閉眼時で有意に COP 移動距離は減少していた。また、前方 COP 移動距離は減少傾向であった ( $p = 0.08$ )。多重比較検定の結果、開眼及び閉眼条件とも前方と後方の COP 移動距離はコントロール条件に比べフォーム条件で有意に減少していた (前方、後方とも  $p < 0.04$ )。COP 総移動距離は足底刺激条件とフォーム条件でコントロール条件に比べ有意に減少していた ( $p < 0.01$ )。片脚立位時の動的バランス課題の COP 移動距離は、開眼条件と床面条件の有意な単純効果は認められなかった (表 2)。

## 考 察

一般に、立位バランス能力は視覚情報の有無に依存する<sup>5)</sup>。この傾向は高齢者で顕著であるが、若年健常者でも同様である<sup>6)</sup>。本研究では静的バランス課題で開眼条件に比べ閉眼条件でのCOP動揺が増大し、動的バランス課題で開眼条件に比べ閉眼条件のCOP移動距離が減少した。これは先行研究<sup>5), 6)</sup>で報告されているバランス能力への視覚の影響と一致する。立位バランス制御には、体性感覚、前庭迷路覚、視覚の3つの求心路情報が重要とされる。その中でも視覚情報は最も重要な役割を持っているとされ、閉眼立位では開眼立位の50%以上も身体動揺が大きくなる<sup>7)</sup>。視覚は、環境、自己身体の配置や運動の変化情報を中枢神経系へ送り、中枢神経系は視覚によって得られた情報を姿勢制御に関わる運動指令に利用している。従って、視覚情報の有無は姿勢保持や運動成績に及ぼす影響は大きい。

バランス調節に関与する皮膚感覚は主とし

て触・圧覚であり、足底にかかる圧力分布変化が身体の傾きの情報として中枢に伝えられる<sup>1)</sup>。硬い床面上での静止立位時のCOPは完全に静止しているわけではなく<sup>8)</sup>、小さな動揺を持っている。発泡クッション上では、その特性(沈み込みや反発)に元々存在しているこの小さな動揺が加わることによって足底接地面は常に変化した状態にあり、身体動揺が増したと考えられる。さらに、増大した動揺を減少するための代償動作にも発泡クッションの特性が負の作用として働き、代償動作の大きさや方向が混乱する悪循環に陥った可能性がある。Patelらも発泡クッション上での立位姿勢は通常の床条件に比べ体幹、四肢の動揺が大きくなると報告している<sup>9)</sup>。

本研究ではフォーム条件での動的バランス課題のCOP移動距離に低下を示していた。硬い床面上でのCOPの移動は要求された運動方向に対して逆向きの力(つまり、床反力)を使って可能となる。発泡クッション上ではその特

性により COP 移動の駆動力となる床反力が減衰するため、そして、意図した方向に力が伝達されず分散されるために COP 移動量が減少するものと考えられる。また、運動遂行中の中枢神経系はフィードバック系を用いて要求された運動と実際に行われている運動を比較し、修正する。足圧分布の高低の情報は身体の傾きを検出するために重要である<sup>1)</sup>が、発泡クッション上ではこの情報が常に変化するために中枢神経系は足圧分布の情報を利用しての身体の傾きを把握することが困難となる。従って、被験者は予測できない動揺に対して常に注意を払わなければならない、多くの代償動作が要求され、本来遂行すべき運動課題に集中することができないものと考えられる。

臨床的に糖尿病患者<sup>1)</sup>への足底刺激は立位姿勢バランスを向上することが報告されている。しかしながら、健常若年者を対象とした本研究ではコントロール条件に比べて足底刺激条件で動的バランス課題のパフォーマンスが

低下していた。本研究で用いた足底刺激板は三角柱を足底の2点識別覚検査の最短距離(2点識別閾値)1.5~2.0cm<sup>10)</sup>に基づき1.5cm間隔に配置したが、並べ方は運動方向(前後方向)に対して直交する方向(左右方向)であった(図1b)。竹内<sup>2)</sup>は足底部位別刺激とCOPの方向性に関連があることを報告しており、我々の刺激物の配列はCOPの円滑な移動を妨げていた可能性がある。また、この配列により接地面に凹凸が作成され、床反力と足底感覚の求心性の非連続性を引き起こし、COPの移動の低下を引き起こしたものと考ええる。一方、静的バランス課題への足底刺激の効果は見られなかった。長嶺らも静的重心動揺は変わらず動的重心動揺は向上したとの結果を報告している<sup>3)</sup>。前述した運動方向と三角柱の配列の関係によってCOPの移動の減少と凹凸による足底感覚情報の非連続によるCOP動揺量の増大が相殺されたことによりコントロール条件と変わらなかったと考ええる。したがって、運動方向と三角中

の配列（つまり、刺激方向）が一致したものであれば成績は向上したかもしれない。

今回の研究では幾つかの限界がある。1つ目は課題についてである。片脚立位での運動課題については設定した課題の難易度が高く、得られたデータが不十分であった。2つ目は、被験者及びその数である。今回は7名の若年者を対象にしており、高齢者や様々な疾患への影響を調べる必要がある。

## 引用文献

- 1) 細田昌孝他：足底感覚と平衡機能．理学療法 23(9)：1246-1253；2006
- 2) 竹内弥彦：足底各部の機械受容感覚刺激が足圧中心移動範囲に及ぼす影響．理学療法学 29(7)：250-254；2002
- 3) 長嶺元昭他：足底刺激がバランス機能へ与える影響について．沖縄県理学療法士学術誌 10：12-15；2005
- 4) 山田和政他：通所サービス利用高齢者の転倒とバランス能力について．理学療法科学

20(2):103-106;2005

5) 松尾恵利香他：環境目標を設定した方法と視覚情報の有無を伴った内省的方法によるバランス練習の効果．理学療法科学 23(4):

471-476;2008

6) 左直信彦他：脳卒中片麻痺患者の立位バランスの決定因．リハビリテーション医学 30

(6):399-403;1993

7) 中村隆一・他：基礎運動学 第6版．医歯薬出版，2005

8) Danna-Dos-Santos A, et al.: Is Voluntary Control of Natural Postural Sway Possible? J Motor Behavior. 40(3):

179-185;2008

9) Patel M, et al.: The effects of foam surface properties on standing body movement. Acta Oto-Laryngologica. 128

:952-960;2008

10) 田崎義昭・他：ベッドサイドの神経の診かた．南山堂，1966

表 1 . 静 的 バ ラ ン ス 課 題 で の C O P 動 揺 量

	開眼			閉眼		
	コントロール条件	足底刺激条件	フォーム条件	コントロール条件	足底刺激条件	フォーム条件
両脚立位	1.0 ± 0.5	0.8 ± 0.3	1.7 ± 0.6 †	1.0 ± 0.4	1.1 ± 0.5 *	3.7 ± 1.4 *†
片脚立位	2.1 ± 0.6	1.8 ± 0.6	3.1 ± 0.9 †	3.9 ± 1.3	4.1 ± 2.0 *	8.6 ± 1.6 *†

単位：%、各被験者の足長で正規化。\*：開眼と閉眼、†：フォーム条件とコントロール条件、いずれも、p<0.05.

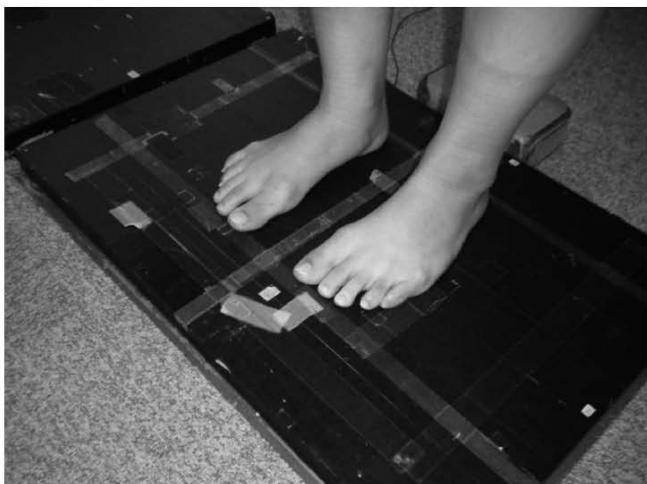
表 2 . 動的 バ ラ ン ス 課 題 で の C O P 最 大 移 動 距 離

		開眼			閉眼		
		コントロール条件	足底刺激条件	フォーム条件	コントロール条件	足底刺激条件	フォーム条件
前方移動距離	両脚立位	33.1 ± 5.2	26.7 ± 12.2	23.3 ± 8.2 †	27.2 ± 8.9	22.4 ± 10.6	17.7 ± 9.3 †
	片脚立位	16.1 ± 7.8	16.6 ± 6.8	14.8 ± 5.7	11.2 ± 4.9	5.9 ± 2.9	不可
後方移動距離	両脚立位	19.3 ± 6.1	15.7 ± 5.7	14.4 ± 5.6 †	16.5 ± 5.5*	12.8 ± 5.9*	8.3 ± 8.3*†
	片脚立位	13.7 ± 7.0	6.2 ± 8.6	6.4 ± 6.2	1.8 ± 5.4	3.2 ± 5.2	不可
総移動距離	両脚立位	52.3 ± 7.8	42.4 ± 13.4	37.7 ± 9.2 †	43.7 ± 11.1*	35.3 ± 11.8*#	26.1 ± 13.3*†
	片脚立位	29.8 ± 9.2	22.8 ± 9.2	21.2 ± 8.6	13.2 ± 7.8	9.1 ± 3.9	不可

単位：%、各被験者の足長で正規化。\*：開眼と閉眼、†：フォーム条件とコントロール条件、#：足底刺激条件とコントロール条件。いずれも、p<0.05。

図 1 床面の条件

a. コントロール条件（堅い床面）



b. 足底刺激条件（凹凸の床面）



c. フォーム条件（柔らかい床面）

