足部前方滑り抑制を意図したハイヒール用インソールが片脚動作中の重心動揺に及ぼす影響

Effects of an Insole for High-heeled Shoes Designed to Reduce Forward Foot Sliding on Balance during Single-legged Activities

渡邊 五郎¹⁾ 藤平 知佳音²⁾ 星 賢治¹⁾ 蒲田 和芳^{1,3)}

GORO WATANABE, RPT, MSc¹⁾, CHIKANE FUJIHARA, RPT²⁾, KENJI HOSHI, RPT, PhD¹⁾,
KAZUYOSHI GAMADA, RPT, PhD^{1,3)}

¹⁾ Graduate School of Medical Technology and Health Welfare Science, Hiroshima International University:
555-36 Kurosegakuendai, Higashihiroshima-shi, Hiroshima 739-2695, Japan TEL +81 823-70-4550
E-mail: gamada@realine.info

²⁾ Department of Rehabilitation, Faculty of Health Sciences, Hiroshima International University

³⁾ GLAB Corporation

Rigakuryoho Kagaku 34(5): 593-599, 2019. Submitted Mar. 20, 2019. Accepted May 5, 2019.

ABSTRACT: [Purpose] Wearing high-heeled shoes often alters the gait pattern, induces foot and ankle pain, or causes injuries such as ankle sprain. The objective of this study was to determine how an insole designed to prevent the foot from sliding in high-heeled shoes affects balance during standing activities. [Participants and Methods] The participants were twenty, healthy young females. The subjects' balance while wearing high-heeled shoes with and without the insole was measured using a commercial stabilometer during three motion tasks: single-legged standing with eyes open, single-legged squat with eyes open, and stepping activity with eyes open. Total trajectory length, trajectory length per unit of time, area of center-of-mass movement, anteroposterior position vector, and mediolateral position vector were compared between with and without the insole. [Results] Body movement during single-legged squat and stepping activity was significantly decreased. [Conclusion] Wearing an insole for high-heeled shoes may improve balance while descending stairs and during gait.

Key words: high-heeled shoes, insole, stabilometry

要旨:〔目的〕ハイヒール着用での歩行は、しばしば歩容の変化や足部・足関節の疼痛、捻挫などの外傷を引き起こす。本研究の目的を、ハイヒール用インソール（IHS）が、ハイヒール着用中の立位バランス能力向上に及ぼす効果を明らかにすることとした。〔対象と方法〕対象者は若年健常女性 20 名で、ハイヒール着用下で、①開眼片脚立位、②開眼片脚スクワット、③開眼足踏み動作の 3 試技を重心動揺計上で行った。各試技での総軌跡長、単位軌跡長、外周面積、前後・左右の位置ベクトルを記録し、IHS の有無で比較した。〔結果〕IHS の使用により、開眼片脚スクワットと開眼足踏み動作で重心動揺が有意に減少した。〔結語〕IHS の使用はハイヒール着用下での階段降段、歩行の安定性向上につながる可能性が示唆された。

キーワード: ハイヒール、インソール、重心動揺

¹⁾ 広島国際大学大学院 医療・福祉科学研究科：広島県東広島市黒瀬学園台 555-36 (〒739-2695) TEL 0823-70-4550

²⁾ 広島国際大学 保健医療学部 総合リハビリテーション学科

³⁾ 株式会社 GLAB

I. はじめに

ハイヒールシューズ（以下、ハイヒール）は、女性の履物として社会生活に定着している。アメリカでの調査によると、18歳以上の女性の49%がハイヒールを所有し、ハイヒールを所有する女性の39%が毎週着用していた¹⁾。別の調査では、女性の37%が仕事中にハイヒールを着用していた²⁾。一方、ハイヒール着用に関して、様々な問題点が指摘されてきた。ハイヒール着用中に71%の人が何らかの疼痛を感じ¹⁾、日常的に着用する女性の58%が腰痛を訴えた³⁾。Csapoら⁴⁾は、ハイヒールの日常的な着用により、腓腹筋内側頭の短縮やアキレス腱のスティフネスが生じると結論付けた。加えて、足関節底屈位保持により骨性支持が不安定であること、足部の側方への動揺増大⁵⁾、足部の前方滑り、爪先の締め付け⁶⁾などは、様々な障害の発生原因となり得る。このように、ハイヒールと障害発生との関連性が多数指摘されており、生活の質向上および障害予防の観点から、ハイヒールをより快適な履物へと改善する必要がある。

ハイヒールの着用は立位姿勢や歩行動作に影響を与える。ハイヒールの着用は、裸足時に比べて両脚立位時の前後および内外側への足圧中心（center of pressure：以下、COP）動揺を増加させた⁷⁾。また、各種の立位動作において腓腹筋内側頭、腓腹筋外側頭、前脛骨筋、外側広筋の活動レベルを増加させた⁸⁾。一方、歩行動作では、歩調の増加^{9,10)}、歩幅の短縮⁸⁻¹⁰⁾、歩行速度の低下^{10,11)}に影響を及ぼした。加えて、歩行時の身体質量中心を骨盤に対して前方に偏位させた¹²⁾。これらの結果から、ハイヒール着用は立位姿勢および歩行動作における重心動揺を誘発することが推測される。一方、重心動揺に対するインソールの効果に関して、カップインソールにより重心動揺増大¹³⁾、複合的アーチパッドにより不変¹⁴⁾、外側縦アーチパッドにより減少¹⁵⁾といった矛盾した結果が報告された。ハイヒール用のインソールとして、種々の効果を謳ったものが販売されているが、客観的に静的・動的バランスに対する効果を明らかにした研究は見当たらない。さらに、足踏み動作中の左右方向と前後方向の動揺性についての研究も見当たらない。そこで、本研究の目的を、著者らが開発したハイヒール用インソール（insole for high-heeled shoes：以下、IHS）がハイヒール着用時の重心動揺に与える影響を明らかにすることとした。

若年女性の靴の問題として、「足が前にずりおちる」ことと「足首が外側にねじれる」ことが指摘された⁵⁾。ハイヒール着用時には、荷重面積が減少することが足底圧分布の計測により明らかにされた¹⁰⁾。これは、重力による足部前方滑りが他の種類の靴に増して生じ、その結果として前足部が締め付けられるためと推測される。一方、ハイヒール着用時の前額面の傾斜について、

Chienら¹⁶⁾は床に対する垂直線とCOPと身体質量中心を結ぶ線のなす角が減少することから、ハイヒールによる不安定性に適応した歩行であると考察した。以上のことから、快適なハイヒールの履き心地を得るには、荷重面積の減少、足部前方滑り、およびそれに伴う爪先の締め付け、前額面傾斜に伴う側方不安定性などの問題を解決することが求められる。荷重面積の減少と足部前方滑りを防ぐため、インソールには足底の凹凸にフィットする凹凸構造や摩擦が必要であると考えられる。一方、ハイヒール着用時には踵が上方に移動することで、中足骨頭のうち第4・5中足骨頭の荷重が減少する状態が生じる¹⁷⁾。この部分の荷重を増加させるような凹凸構造は、荷重面積の増大、足部前方滑りの抑制、前額面傾斜の抑制などの効果を生むことが推測され、上記の問題を一部解決し得る。大場ら¹⁸⁾は、5本の中足骨頭に荷重を分散させることと足部前方滑りの抑制を意図したIHSの効果として、片脚立位時の前足部最大圧の減少と主観的安定性の向上が得られたことを報告した。これらの効果により、IHSがハイヒール着用中のバランス能力向上に寄与する可能性が示唆された。

本研究の研究仮説を、足部前方滑りと前額面傾斜の抑制を意図したIHSの使用は、ハイヒール着用時の重心動揺と、足踏み動作時の前後方向および左右方向の動揺性を改善させるとした。本研究は、重心動揺についてIHS使用の有無で比較した横断研究である。本研究の意義として、IHSが重心動揺に及ぼす効果を明らかにすることで、ハイヒールをより快適な履物へと改善させる可能性がある。

II. 対象と方法

1. 対象

本研究は横断研究であり、広島国際大学人を対象とする医学系研究倫理審査委員会の承認に基づき実施された（倫14-142）。ヘルシンキ宣言に則り、対象者の人権を遵守し、研究の目的や測定内容、リスク・不利益を口頭と書面にて説明し、同意を得て対象者に取り込んだ。

リクルートは本学在学中の女子学生を対象に実施した。包含基準を、1) 健常な成人女性、2) 靴のサイズが23.0~24.5 cmの者とした。除外基準を、1) 下肢の手術歴、2) 測定時に下肢に何らかの外傷や疾患を有する者、3) 精神疾患患者、4) コミュニケーションに障害がある者、5) 研究内容の理解に問題がある者とした。なお、本研究では、多様な体格の対象者を包含するために、体型やbody mass index（以下、BMI）に関する除外基準を設けなかった。サンプルサイズは、検定力分析ソフト（G*Power version 3.1, Franz Faul 製）を用い、大場ら¹⁸⁾の研究を参考に、 $\alpha=0.05$ 、効果量0.8、検定力0.8と仮定して算出した。その結果、必要なサンプル

サイズは11名となり、試技の失敗等による脱落の可能性を考慮し、20名を募集した。

2. 方法

一般的な足底形状のハイヒールパンプス（ヒール高8.5 cm）を使用した。サイズは、M、Lサイズの2種類から対象者のサイズに合うものを選択した。インソールには、IHS（リベラシオン・インソール、GLAB社製、図1）を用いた。これは、トゥサポート、アーチサポート、ヒールカップで構成されており、ポリウレタン製で、ハイヒールとの接触面は粘着性を持つ。トゥサポートは、荷重面積増加と足部前方滑り防止のため、5本の中足骨頭を下方から支える構造を持つ（図2）。アーチサポートは、内側アーチと外側アーチに加えて、中央アーチが立方骨を下方から支えることでショパール関節から前方

図1 本研究で使用したハイヒール用インソール
ハイヒール用インソールはポリウレタン製で、ハイヒールとの接触面は粘着性を有する。

図2 トゥサポートの構造

A. トゥサポートは、荷重面積増加と足部前方滑り防止のため、5本の中足骨頭を下方から支える構造を持つ。
B. 前方からの外観を示す。頂点の高さが母趾側で4.1 mm、小趾側で7.5 mmの、中足骨頭を下方から支えるアーチ構造を有する。

に向けて横アーチを形成する構造を持つ（図3）。ヒールカップは、踵部脂肪体を踵の中央に寄せ、地面からの衝撃を軽減させる構造を持つ。

観察因子を、重心動揺計による総軌跡長、単位軌跡長、外周面積、前後と左右に分けた位置ベクトルの和とした。各試技においてこれらの観察因子を測定し、IHS有無の2条件で比較した。課題動作を、静的な姿勢制御能力を評価する項目として、①開眼片脚立位15秒（以下、片脚立位）、動的な姿勢制御能力を評価する項目として、②開眼片脚スクワット3回（以下、片脚スクワット）、③開眼足踏み動作15秒（以下、足踏み）の計3試技とした。安全性への配慮として、片脚立位、片脚スクワットの対象側を決定する際に、事前に行った片脚立位で体幹の動揺が少なかった方を対象側とした。3つの課題動作に共通し、対象者には2.0 m前方の視線と同じ高さに設置された点を注視するように口頭で指示した¹⁹⁾。対象者は裸足となり、3試技を重心動揺計（ActiveBalancer、酒井医療社製）上で実施し、サンプリング周波数20 Hzでデータを収集した。

課題動作を下記の手順で実施させた。一般的なハイヒールにおいては特殊な凹凸のインソールは装着されておらず、対象者はそのような凹凸のない靴の構造に対して順応した姿勢保持および歩行を行っていると推測される。このため、本研究においてはインソールの有無の順序に関して無作為化を行わず、最初にIHS無の条件にて測定を行い、それをベースラインデータとした。ベースライン測定の後、筋活動等のキャリーオーバーが生じることを避けるため、15分間の休息を挟んだ後、IHS有での測定を行った。IHS無と有の条件下で、片脚立位、片脚スクワット、足踏みの順で測定を行った。ハイヒールに関する先行研究では、疲労の影響を除外するために5分間の休憩時間が設けられた⁸⁾。本研究では、ハイヒール着用の順序効果と疲労の影響をできる限り除外するため、各試技間に座位での10分間の休憩時間を設けた。

片脚立位では、対象者は両腕を前方に組んだ状態で、支持側の膝関節を伸展位、反対側の股関節・膝関節を軽度屈曲位とする片脚立位となった¹⁸⁾。反対側の足が接地した場合、腕が体幹から離れた場合、支持側の足がずれた場合に失敗とした。3回失敗した場合は「データなし」とした。片脚スクワットでは、両腕を前方に組んだ状態で、支持側を膝関節完全伸展位とし、遊脚側を股関節屈曲・伸展中間位、膝関節軽度屈曲位の状態を開始肢位とした。60拍/1分間のメトロノームに合わせて、4秒間の片脚立位後、4秒かけて膝関節を60°まで屈曲させ、4秒間で膝関節を伸展させるスクワット運動を3回行った。片脚立位と同様に、反対側の足が接地した場合、腕が体幹から離れた場合、支持足がずれた場合を失敗とした。足踏みでは、対象者は両腕を前方に組んだ状態となり、至適速度で15秒間足踏みを行った。つま先離地

図3 アーチサポートの構造

A. アーチサポートは内側アーチ, 外側アーチ, 中央アーチで構成される。ヒールカップは, 半径1.8 mmの半円柱が踵部を囲む構造を有する。B. 前方からの外観を示す。アーチサポートのベースは0.9 mm厚で, ベースからの頂点の高さは内側アーチ4.4 mm, 中央アーチ4.8 mm, 外側アーチ6.4 mmである。

を, 足関節の力を抜いた状態で床面から5 cm未満にするように指示した²⁰⁾。腕が体幹から離れた場合や, 明らかに動作のリズムが崩れた場合に失敗とした。

各課題動作における総軌跡長, 単位軌跡長, 外周面積については, 重心動揺計が出力したデータを使用した。位置ベクトルについては, 動揺の原点を中心とし8等分された円の左右方向と前後方向の位置ベクトルの和(以下, 左右位置ベクトル, 前後位置ベクトル)を使用した。

総軌跡長, 単位軌跡長, 外周面積, 左右位置ベクトル, 前後位置ベクトルの5項目において, Shapiro-Wilk検定にて正規性を確認した。IHS使用の有無の前後比較について, 正規性が確認されたものを対応のあるt検定, 確認されなかったものをWilcoxonの符号付順位検定により解析した。有意水準を5%とした。統計解析には統計ソフト(SPSS Statistics version 21, IBM社製)を用いた。

III. 結果

選択基準を満たした女性20名(20歳2名, 21歳18名)が研究に包含された。対象者の身長(平均値[95% confidence interval(以下, CI)])は157.7[156.2, 159.2] cm, 体重(以下, 中央値[四分位範囲, 範囲])は49.8[11.9, 45.0~75.0] kg, BMIは20.5[4.2, 17.6~29.6] kg/m²であった。課題動作の失敗等による脱落者は, IHS有の片脚スクワットでの1名のみであった。

片脚立位では, 総軌跡長, 単位軌跡長, 外周面積, 左右位置ベクトル, 前後位置ベクトルについてIHSの有無条件で有意差は認められなかった(表1)。片脚スク

ワットでは, 総軌跡長(以下, 平均値[95% CI], IHS無2538.5[2327.7, 2749.2] mm, IHS有2404.1[2241.1, 2567.1] mm, $p=0.009$), 単位軌跡長(IHS無56.4[51.7, 61.0] mm/秒, IHS有53.4[59.8, 57.0] mm/秒, $p=0.009$), 外周面積(IHS無764.5[611.1, 867.9] mm², IHS有677.3[601.7, 752.8] mm², $p=0.029$), 前後位置ベクトル(IHS無3789.1[3502.8, 4075.3] mm, IHS有3476.9[3262.7, 3691.2] mm, $p=0.003$)が有意に減少し, 左右位置ベクトルに有意差は認められなかった(表1)。足踏みでは, 外周面積(IHS無7902.0[6760.2, 9107.2] mm², IHS有6662.5[5760.2, 7564.8] mm², $p=0.017$)と前後位置ベクトル(IHS無4409.7[2704.8, 6114.7] mm, IHS有3012.2[1627.5, 4396.9] mm, $p=0.04$)が有意に減少し, 左右位置ベクトル(IHS無16621.9[14683.6, 18560.2] mm, IHS有16664.7[14180.0, 19149.5] mm, $p=0.455$)に有意差は認められなかった(表1)。

IV. 考察

本研究の目的は, IHSがハイヒール着用時の重心動揺に与える影響を明らかにすることであった。本研究の主要な知見として, IHS使用により, 片脚立位の重心動揺は改善されなかった。一方, 片脚スクワットにおける総軌跡長, 単位軌跡長, 外周面積, 前後位置ベクトルと, 足踏みにおける外周面積, 前後位置ベクトルで改善がみられた。

ハイヒール着用によるバランス能力の低下についての研究が行われてきた。ハイヒール着用時に, 主観的には立位バランス保持が困難であることがアンケート調査に

表 1 各測定試技における重心動揺

測定項目		IHS 無	IHS 有	p 値	効果量
片脚立位	総軌跡長 (mm)	633.8 [585.8, 681.8]	578.5 [517.6, 639.3]	0.058	0.45
	単位軌跡長 (mm/ 秒)	42.3 [34.5, 45.5]	38.6 [34.5, 42.6]	0.058	0.45
	外周面積 (mm ²)	169.5 [142.0, 197.0]	185.9 [153.8, 217.9]	0.394	0.19
	左右位置ベクトル (mm)	296.7 [236.8, 356.6]	279.5 [214.6, 344.3]	0.709	0.10
	前後位置ベクトル (mm)	898.8 [780.0, 1017.7]	889.4 [782.9, 995.9]	0.823	0.03
片脚スクワット	総軌跡長 (mm)	2538.5 [2327.7, 2749.2]	2404.1 [2241.1, 2567.1]	0.009*	0.70
	単位軌跡長 (mm/ 秒)	56.4 [51.7, 61.0]	53.4 [59.8, 57.0]	0.009*	0.70
	外周面積 (mm ²)	764.5 [611.1, 867.9]	677.3 [601.3, 752.8]	0.029*	0.54
	左右位置ベクトル (mm)	953.7 [819.2, 1088.2]	914.3 [790.1, 1038.5]	0.569	0.10
	前後位置ベクトル (mm)	3789.1 [3502.8, 4075.3]	3476.9 [3262.7, 3691.2]	0.003*	0.79
足踏み	総軌跡長 (mm)	4378.1 [4010.0, 4746.1]	4364.8 [4031.2, 4698.4]	0.869	0.04
	単位軌跡長 (mm/ 秒)	291.9 [267.3, 316.4]	291.0 [268.7, 313.2]	0.869	0.04
	外周面積 (mm ²)	7902.2 [6760.2, 9107.2]	6662.5 [5760.2, 7564.8]	0.017*	0.58
	左右位置ベクトル (mm)	16621.9 [14683.6, 18560.2]	16664.7 [14180.0, 19149.5]	0.455	0.01
	前後位置ベクトル (mm)	4409.7 [2704.8, 6114.7]	3012.2 [1627.5, 4396.9]	0.040*	0.46

平均値 [95% confidence interval], IHS: ハイヒール用インソール (insole for high-heeled shoes). *: $p < 0.05$.

より判明した¹⁸⁾。しかし、それを客観的に示した重心動揺や COP についての研究は少ない。Mika ら²¹⁾は、ハイヒールを常用しない若年健康女性を対象に、4 cm ヒールに比べて 10 cm ヒールで、静止立位における総軌跡長が大きいことと、前後方向と左右方向への COP 偏位速度が速いことを報告した。Ko ら²²⁾は、1 時間歩行前後の COP の変化を 9 cm と 4 cm ヒールとで比較し、9 cm ヒール着用下での歩行後に COP の偏位が有意に増加し、前足部への足圧増大と後足部への足圧減少が認められたと報告した²²⁾。健康男女を対象とした研究から、裸足での片脚立位における単位軌跡長は 33.2 ~ 34.9 mm/秒であり¹⁹⁾、健康男性の靴着用時の 30 秒間片脚立位における単位軌跡長は、 43.7 ± 15.1 mm/秒であった¹⁴⁾。村田²³⁾による健康女性における 30 秒間の開眼片脚立位での重心動揺と下肢筋力・足部機能との関連を調査した研究によると、外周面積は 5.2 ± 2.1 cm²であった。また、20 秒間の片脚立位における健康男女の外周面積は、3.0~3.1 cm²であった¹⁹⁾。これらの値をハイヒール着用時の重心動揺と比較すると、本研究の IHS 無における片脚立位の単位軌跡長は 42.3 mm/秒であり、裸足より動揺の速度が増加することが示唆された。これらの研究より、ハイヒール着用により重心動揺が増大すると言える。一方、静的バランスに関して、本研究での IHS 無・有の単位軌跡長はそれぞれ 42.3 mm/秒と 38.6 mm/秒であり、有意差が認められなかった。この値は、木村ら¹⁴⁾による、靴を履いた状態で得られた 43.7 ± 15.1 mm/秒に近い値であった。本研究の IHS 無・有の片脚立位の外周面積はそれぞれ 169.5 mm²と 185.9 mm²であり、村田²³⁾による裸足での測定

結果 520 ± 21 mm² より小さい値であった。すなわち、本研究の対象者は、ハイヒール着用時においても、先行研究の対象者よりも優れた静的バランス保持能力があったため、IHS 着用による変化に乏しかった可能性がある。

ハイヒール着用時には、階段での事故が多く発生することが指摘された²⁴⁾。階段降段時には、一側下肢で重心の降下を制動しつつ、対側下肢が体重の 1.49~1.6 倍程度の床反力で接地する動作が繰り返される²⁵⁾。この時の支持脚には、片脚スクワットにおける運動制御に類似した能力が必要とされると考えられる。本研究では、IHS 着用により、片脚スクワット中の総軌跡長、単位軌跡長、外周面積、前後位置ベクトルが有意に減少した。これは、IHS が足部前方滑りを抑制したためと推測される。本研究で使用した IHS は、通常ヒールの上昇とともに荷重が失われる第 4・5 中足骨頭を支持し、前足部の荷重面積を増大させることを意図した構造を有する。健康女性を対象とした足底圧分布に関する研究において、ヒール高が増大するにつれて歩行中の前足部内側の圧は上昇した²⁶⁾。同時に、足底の形状を元に作成されヒールカップとアーチサポートの機能を有する全面接触インソールの使用により、前足部内側のピーク圧が低下した²⁶⁾。一方、本研究と同じ IHS の使用により、ハイヒール着用時の片脚立位の前足部最大荷重圧が低下した¹⁸⁾。このことから、本研究で使用した IHS により、足部前方滑り抑制による後足部荷重の増大と前後方向への動揺抑制が促され、重心動揺の軽減に寄与した可能性が推測される。以上より、IHS は、階段降段時の支持脚の機能と類似する片脚スクワット中の動的安定性を向上させる

効果があることが明らかとなった。

ハイヒール着用時の歩行において、疲労²⁷⁾、ふらつき^{21,22)}、足関節捻挫^{28,29)}に対する不安などを招くことが先行研究で指摘された。平林ら¹⁰⁾は、ハイヒールを着用した歩行では裸足や運動靴での歩行より立脚期が短いこと、接触面積の最大値に達するまでの時間が短いことを報告した。Leeら³⁰⁾は、3 cmのヒールに比べて9 cmのハイヒールでは、歩行時の足部最大内がえし角度が増加、最大外がえし角度が減少すると報告した。歩行動作は重心の移動を伴うことから股関節運動の影響が反映されるため、歩行動作よりも単純な動作課題である足踏み動作において、IHSの重心動揺に及ぼす効果を検証する必要がある。本研究において、IHS使用により、足踏み中の外周面積と前後位置ベクトルに改善がみられた。前後方向への位置ベクトルの減少は、前後方向への重心の移動範囲が小さくなったことを示唆する。その原因として、本研究で用いたIHSのトゥサポート形状による足部前方滑りを防止する効果により、踵部への荷重の調節が容易となり、前後方向への重心動揺に改善がみられたと推測された。歩行に比べて足踏みには運動課題として要素が少なく、特に左右方向や前後方向の動揺性への効果についてIHSの直接的な効果を調べる上で適していると考えられる。以上から、IHSが足踏み動作中の前後方向のバランス能力向上に有用であることが明らかとなった。

本研究にはいくつかの限界がある。1つ目は、対象者にハイヒール常用者と非常用者の両者が含まれることである。ハイヒール常習者と非常習者では、立位保持の際の下腿筋群の筋活動パターンが異なること⁸⁾、常習者において足圧中心動揺・速度が小さいこと³¹⁾が報告された。ハイヒール着用に対する慣れの違いがIHS着用時の重心動揺に及ぼす影響の解明は、今後の課題である。2つ目は、測定が重心動揺測定のみであることである。筋活動、姿勢、キネマティクス、キネティクスなど、IHSがハイヒール着用時の歩行動作に与える影響の解明は今後の課題である。本研究の結果は、若年健常女性に適用され得る。本研究では、足部・足関節の外傷既往を有する者を、対象から除外した。また、対象者の選択基準に足関節および膝関節の不安定性やアライメントなどの条件を含めていない。今後、足部・足関節の外傷既往、ハイヒールの使用頻度、特徴的な下肢アライメントなど異なる身体特徴を有する母集団に対して、IHSの効果を検証する必要がある。

本研究の結論を、足部前方滑りと前額面傾斜抑制を意図したIHSの使用は、ハイヒール着用中の片脚スクワットでの重心動揺および足踏み運動中の前後方向の安定性を向上させる、とした。本研究は、IHSの使用が、ハイヒール着用時の階段降段や歩行動作の安定性向上につながる可能性を示唆した。IHSの効果を明らかにすること

は、ハイヒール着用による外傷や障害発生の予防に貢献すると同時に、ハイヒールをより快適な履物に改善させる社会的意義があると考えられる。

利益相反 本研究は、研究資金を受領していない。一方、利益相反に関して共著者である蒲田は株式会社GLABの代表取締役であり、本研究で使用したIHSの日本国特許を有する（特許第5364797号）。なお、蒲田は研究計画立案、原稿への批判的な推敲、原稿の最終承認に貢献したが、研究データ収集・分析には立ち会っていない。

謝辞 データ収集に協力してくださった広島国際大学蒲田研究室の伊藤博志氏、大田麻理乃氏、佐々木壮太氏、武田和久氏、立神文彩美氏に、心から感謝申し上げます。

引用文献

- 1) American Podiatric Medical Association: Public Opinion Research on Foot Health and Care Findings from a Survey of 1000 US Adults. <http://www.apma.org/files/APMA2014TODaysPodiatristSurveyAllFindings.pdf> (閲覧日2018年4月18日)。
- 2) Frey C, Thompson F, Smith J, et al.: American Orthopaedic Foot and Ankle Society women's shoe survey. *Foot Ankle*, 1993, 14: 78-81.
- 3) Lee CM, Jeong EH, Freivalds A: Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *Int J Ind Ergon*, 2001, 28: 321-326.
- 4) Csapo R, Maganaris CN, Seynnes OR, et al.: On muscle, tendon and high heels. *J Exp Biol*, 2010, 213: 2582-2588.
- 5) 土肥麻佐子, 持丸正明, 河内まき子: 若年女子の靴への意識と靴の履き心地—高齢者との比較。感性工学研究論文集, 2006, 6: 53-58.
- 6) 片瀬真由美, 平林由果, 塩之谷香・他: 女子大学生のミュール着用の実態と意識。金城学院大学消費生活科学研究所紀要, 2001, 5: 25-34.
- 7) Gerber SB, Costa RV, Grecco LA, et al.: Interference of high-heeled shoes in static balance among young women. *Hum Mov Sci*, 2012, 31: 1247-1252.
- 8) Hapsari VD, Xiong S: Effects of high heeled shoes wearing experience and heel height on human standing balance and functional mobility. *Ergonomics*, 2016, 59: 249-264.
- 9) 大西範和, 斎藤 真, 平林由果・他: 筋電図解析による流行靴ミュールを着用した歩行時の生体負担度の評価。人間工学, 2005, 41: 51-56.
- 10) 平林由果, 大西範和, 斎藤 真・他: ミュール型サンダルの歩行に及ぼす影響: 足圧分布解析を中心に。日本生理人類学会誌, 2005, 10: 53-60.
- 11) 中島 彩, 村田 伸, 飯田康平・他: ヒールの高さの違いが歩行パラメータと下肢筋活動に及ぼす影響。ヘルスプロモーション理学療法研究, 2016, 6: 133-137.
- 12) Annoni I, Mapelli A, Sidequersky FV, et al.: The effect of high-heeled shoes on overground gait kinematics in young

- healthy women. *Sport Sci Health*, 2014, 10: 149-157.
- 13) 小林正典, 清水勇樹: 足底板インソールが立位バランス機能に及ぼす影響について—足底アーチ機能についての生体力学的観点から—. *理学療法科学*, 2014, 29: 605-607.
 - 14) 木村公喜, 光井信介, 井出幸二郎・他: アーチパッド付きインソール使用の有無が重心動揺に及ぼす影響. *健康科学*, 2009, 31: 93-97.
 - 15) 岩井唯紘, 伊藤和美, 宮田龍一: 健康人の外側縦アーチにパッドを入れたときの歩行の変化について. *浜松リハビリテーション研究会学術誌*, 2007, 2: 46-50.
 - 16) Chien HL, Lu TW, Liu MW: Control of the motion of the body's center of mass in relation to the center of pressure during high-heeled gait. *Gait Posture*, 2013, 38: 391-396.
 - 17) Nyska M, McCabe C, Linge K, et al.: Plantar foot pressures during treadmill walking with high-heel and low-heel shoes. *Foot Ankle Int*, 1996, 17: 662-666.
 - 18) 大場裕之, 馬場孝祐, 橋岡恵子・他: ハイヒール用インソールが前足部荷重圧および運動機能に及ぼす影響. *ヘルスプロモーション理学療法研究*, 2013, 3: 113-117.
 - 19) 鈴木 哲, 平田淳也, 栗木鮎美・他: 片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺との関係. *理学療法科学*, 2009, 24: 103-107.
 - 20) 渡邊五郎, 亀井里香, 星 賢治・他: 若年健康女性の内反スラスト判定における加速度計による定量データと肉眼観察との整合性. *理学療法科学*, 2018, 33: 823-828.
 - 21) Mika A, Oleksy Ł, Kielnar R, et al.: The influence of high- and low-heeled shoes on balance in young women. *Acta Bioeng Biomech*, 2016, 18: 97-103.
 - 22) Ko DY, Lee HS: The changes of COP and foot pressure after one hour's walking wearing high-heeled and flat shoes. *J Phys Ther Sci*, 2013, 25: 1309-1312.
 - 23) 村田 伸: 開眼片足立ち位での重心動揺と足部機能との関連—健康女性を対象とした検討—. *理学療法科学*, 2004, 19: 245-249.
 - 24) Nagata H: Occupational accidents while walking on stairways. *Saf Sci*, 1991, 14: 199-211.
 - 25) Stacoff A, Diezi C, Luder G, et al.: Ground reaction forces on stairs: effects of stair inclination and age. *Gait Posture*, 2005, 21: 24-38.
 - 26) Yung-Hui L, Wei-Hsien H: Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. *Appl Ergon*, 2005, 36: 355-362.
 - 27) 井奈波良一, 広瀬万宝子: バスガイドの靴のヒール高と職業性ストレスおよび疲労蓄積度の関係. *日本職業・災害医学会会誌*, 2010, 58: 70-75.
 - 28) Foster A, Blanchette MG, Chou YC, et al.: The influence of heel height on frontal plane ankle biomechanics: implications for lateral ankle sprains. *Foot Ankle Int*, 2012, 33: 64-69.
 - 29) Moore JX, Lambert B, Jenkins GP, et al.: Epidemiology of high-heel shoe injuries in U.S. women: 2002 to 2012. *J Foot Ankle Surg*, 2015, 54: 615-619.
 - 30) Lee S, Li JX: Effects of high-heeled shoes and asymmetrical load carrying on lower-extremity kinematics during walking in young women. *J Am Podiatr Med Assoc*, 2014, 104: 58-65.
 - 31) Wan FK, Yick KL, Yu WW: Effects of heel height and high-heel experience on foot stability during quiet standing. *Gait Posture*, 2019, 68: 252-257.