

インソールが片脚着地の床反力の側方成分に与える影響

澳 昂 佑¹⁾ 渡 辺 智 也¹⁾ 栗 本 桂 輔¹⁾ 小 池 友 樹¹⁾ 長 野 聖¹⁾

¹⁾ 四條畷学園大学 リハビリテーション学部

キーワード

インソール・片脚着地・床反力・衝撃吸収

要 旨

着地動作は多くのスポーツ障害の要因となる動作の一つである。着地の瞬間に足から全身に衝撃が加わり、その衝撃は床反力から算出することができる。着地の際の床反力を減少させる可能性のある装具として、インソールがあり、実際にインソールを装着することによって床反力の垂直成分が減少することが知られている。他方、床反力の側方成分は左右への衝撃を示す。しかしながらインソールを装着することで床反力の側方成分が減少するかどうかは明らかとなっていない。そこで本研究ではインソールが着地の瞬間の床反力の側方成分に与える影響を検証した。対象は健常な大学生9名とした。対象者には前方に床反力計のある30センチ台上に立たせ、着地させた。着地の条件はインソールあり、なしの2条件で各5回実施させた。各条件は被験者ごとにランダムに実施させた。床反力計から着地直後200msecにおける床反力の垂直成分最大値と外側成分最大値、内側成分最大値を算出した。被験者ごとの条件別の平均値を算出し、2条件間を比較した。また外側成分における荷重変化率を算出し、外側成分最大値との相関関係を検証した。有意水準は5%とした。インソールあり条件にて外側成分最大値は有意に減少した。内側成分最大値は有意に増加した。また外側成分最大値と外側成分荷重変化率は正の相関関係を認めた。インソールは着地の側方成分を減少させることが明らかとなった。またこの作用にはインソールによる衝撃吸収能が関与している可能性が示唆された。

【はじめに】

着地動作は疲労骨折、足関節外側靭帯損傷、膝前十字靭帯 (anterior cruciate ligament : ACL) 損傷など、多くのスポーツ障害・外傷の発症要因となる動作であり、空中から地面に足が接地し、下肢から全身に負荷が加わる一連の動きのことを示す¹⁾。この負荷が増大、あるいは繰り返されることによって骨に対する衝撃や靭帯、腱に対して牽引ストレスが加わり、組織が損傷することによってスポーツ障害が発生する。着地の衝撃量の指標の一つとして床反力があり、着地の床反力を減少させることで骨に対する衝撃や腱・靭帯加わる牽引ストレスを減少させ、スポーツ障害の発症を減少させる可能性があることが示唆されている²⁻³⁾。

この着地の床反力を減少させるヒトの身体機能の一つとして足アーチによる衝撃吸収機能がある。また足アーチの機能を補助する装具としてインソールがある。インソールは足のアーチ構造を補強することができ、ランニングにおける床反力を減少させることが報告さ

れており⁴⁻⁵⁾、シンスプリントの発症リスクを減少させることが明らかとなっている⁶⁾。また床反力の側方成分は足関節外側靭帯損傷や、足関節不安定症 (Chronic Ankle Instability : CAI) において増加していることが知られている⁷⁾。CAIへと進行する足関節内がえし捻挫患者はスポーツ中の片脚着地動作で発症、及び再発することが多い。例えばCAI患者は着地の瞬間に足部内側から外側に向かう床反力の外側成分が増加する⁷⁾。結果、足関節内反モーメントが増加し、足関節内反を伴う足部の不安定性が出現する。このことより、着地の床反力外側成分を制動することは重要である。

しかし床反力の外側成分がインソールを装着することによって減少するかどうか明らかとなっていない。そこで本研究ではインソールを装着することによって床反力の側方成分が減少するかどうか検証することとした。

またインソールの種類によって床反力がどのように変化するかは様々な報告があり、明らかとなっていない⁸⁻⁹⁾。

本研究では近年の報告¹⁰⁻¹¹⁾をもとに、足の衝撃緩衝の補助及び、アーチ構成の補助を目的としたインソールを使用し、インソールが床反力へ与える影響を検証した。

【対象】

対象は四條畷学園大学に所属する整形外科疾患のない足のサイズ 26～27 センチの健常成人男性 9 名とした（年齢：20.1 ± 0.9、身長：169.9 ± 6.5、体重：66.1 ± 8.8）。本研究は四條畷学園大学の倫理委員会の承認を得て実施した。対象にはヘルシンキ宣言に基づき対象者の保護に十分留意し、実験の目的、方法、及び予想される不利益を説明し、同意を得た。

【方法】

対象者には両腕を組ませ、左足片脚立位にて 30 センチ台に立たせた。30 センチ台の前方に床反力計 (AMTI 社製、Japan) を設置した。床反力計は Power Lab (AD Instruments 社製、Japan) を経由して解析用パソコンに接続した。サンプリング周波数は 1000Hz とした。解析ソフトは Power Lab の専用解析ソフトである Lab Chart 7.2 (AD Instruments 社製、Japan) を使用した。左片脚立位にて安定した姿勢から前方へ右足にて片脚着地させ、その場で可能な限り安定するように指示した (図 1)。片脚着地はインソールなし (without insole)、インソールあり (with insole) の 2 条件で条件ごとに 5 回施行させた。各条件間の学習効果の影響を取り除くために対象者ごとにランダムに実施した。研究に使用した靴は IGR1027 (IGNIO 社製、Japan) を用いて対象者の足のサイズと一致させて使用した。インソールは後足部、前足部低反発衝撃吸収パットによる衝撃吸収および、スタビライザーによるアーチ構造をサポートできるように構成されている SUPERFEET ORANGE (SUPERfeet 社製、UK) を使用した。片脚着地前に靴に慣れさせるために Harry らの方法を参考に 5 分間の歩行、ランニング、ジャンプ、ステップ動作などを実施させた¹²⁾。

得られた波形から着地直後の 200msec の床反力の最大外側成分 (Lateral max : L max)、最小内側成分 (Medial min : M min) を算出し (図 2)、体重で正規化した (%Body weight : %BW)。対象者の条件ごとの平均値を算出した。各値は Wilcoxon signed rank test (有意水準 5%) にて条件間を比較した。また衝撃吸収能の指標なる荷重変化率 (Loading Rate : LR) を算出

した。LR は peak 値を足が地面と接してから peak 値に到達するまでの時間で除したものである¹³⁾。本研究では最大値までの最大勾配とし、床反力の外側方成分 LR (Lateral LR : LLR) を算出し、L max との相関関係を Spearman's rank correlation coefficient (有意水準 5%) を用いて検証した。

【結果】

図 3 に L max、M max の箱ひげ図を示す。L max は with insole (74.65 ± 22.4%BW) は without insole (65.7 ± 25.89%BW) と比較して有意に減少した。また M min は with insole (-46.02 ± 19.5%BW) は without insole (-35.91 ± 12.96%BW) と比較して有意に増加した。図 4 に LLR と L max の散布図を示す。それぞれ有意な正の相関関係を認めた。

【考察】

インソールを装着することによって床反力外側成分は減少し、内側成分は増加した。この結果は外、内側へ作用する衝撃が減少したことを示し、着地の際の左右への不安定性の制動にインソールが貢献する可能性があることを示す。特に CAI においては外側成分の増加が CAI の発症に関与していることから⁷⁾、CAI の予防にも貢献する可能性がある。

インソールが床反力へ与える影響は古くから様々な報告がある。緩衝材が柔らかいと床反力を制動する⁸⁾。他の報告においては柔らかすぎると床反力が増加する⁹⁾。また足底の知覚入力に床反力に影響する¹⁴⁾といった多くの作用機序があることが知られ、これらが着地の衝撃の制動に関与したことも考えられる。本研究において外側成分の衝撃吸収の指標となる LLR と Lmax の有意な正の相関関係を認めたことから、インソールによる外側成分の制動に衝撃吸収能が関与していることが示唆された。

今回の研究は健常男性に実施したため、実際に CAI などにより足部に不安定性のある対象者がインソールを装着することによって床反力外側成分を制動できるかどうかは不明であり、今後検証する必要がある。

【まとめ】

本研究においてインソール装着によって床反力垂直成分に加え、外側、内側成分を減少させることができる

可能性が示唆された。この機序に衝撃吸収能が関与している可能性がある。これらの結果はインソールがスポーツ障害の予防や再発予防方法の知見の一助となる可能性がある。

【謝辞】

本研究に協力いただいた四條畷学園大学の学生また、スタッフの方々に深く深謝致します。

本研究は平成 30 年度四條畷学園大学、健康科学研究所の助成を受け実施された。

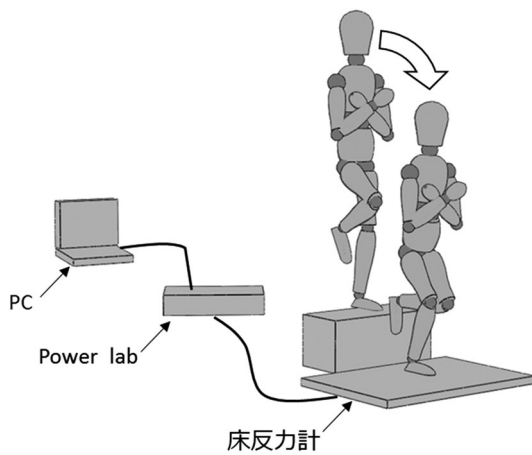


図 1 実験設定

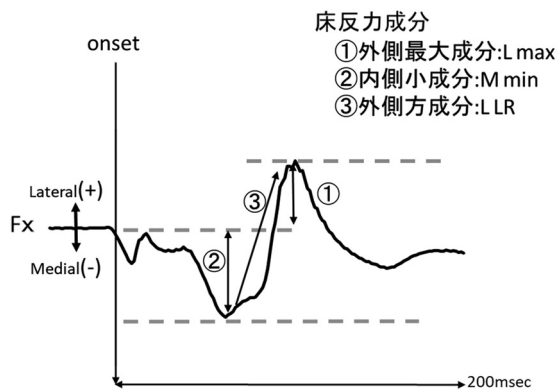


図 2 解析方法

床反力側方成分を示す。+ が外側、- が内側成分を示す。

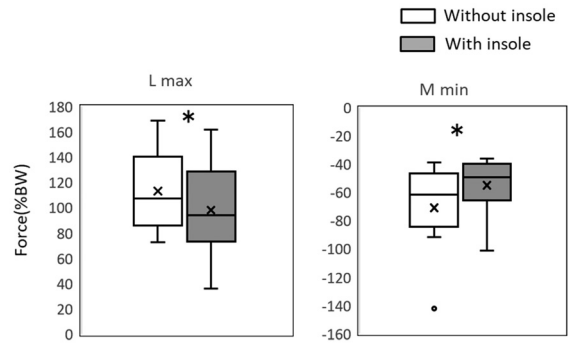


図 3 インソールなし、ありにおける床反力最大値
左が最大外側成分 (Lateral max : L max)、右が最小内側成分 (Medial max: M max) を示す。白がインソールなし (without insole)、グレーがインソールあり (with insole) を示す。with insole は without insole と比較して L max は有意に減少した。また M max は有意に増加した。* Wilcoxon signed rank test : p<0.05

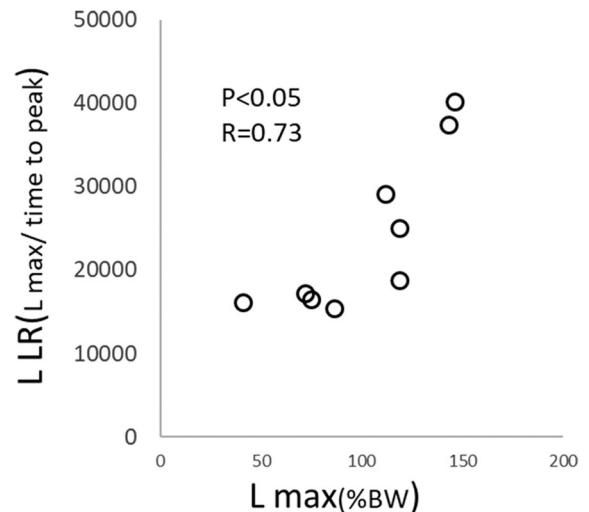


図 4 床反力最大値と荷重変化率の散布図
外側方成分の荷重変化率 (Lateral Loading Rate : LLR) と最大外側成分 (Lateral max: L max) を示す。有意な正の相関関係を認めた。

【文献】

1. Nigg B. :Loads in selected sport activities: an overview. Biomechanics, Ix-B 91-96. 1985.
2. Radin E. :Mechanical factors influencing cartilage damage. Osteoarthritis, Current Clinical and Fundamental, Problems90-99, 1985.
3. Panzer V, Wood G, Bates B. :Lower extremity

- loads in landings of elite gymnasts. *Biomechanics*, XI-B. 727-735, 1988.
4. Creaby MW, May K, Bennell KL. :Insole effects on impact loading during walking. *Ergonomics*, 54 (7) :665-671, 2011.
 5. O'Leary K, Vorpahl KA, Heiderscheit B. :Effect of cushioned insoles on impact forces during running. *Journal of the American Podiatric Medical Association*,98 (1) :36-41, 2008.
 6. Schwellnus MP, Jordaan G, Noakes TD. :Prevention of common overuse injuries by the use of shock absorbing insoles: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, 18 (6) :636-641, 1990.
 7. Caulfield B, Garrett M. :Changes in ground reaction force during jump landing in subjects with functional instability of the ankle joint. *Clinical biomechanics*, 19 (6) :617-621, 2004.
 8. Lafortune M, Hennig E. :Cushioning properties of footwear during walking: accelerometer and force platform measurements. *Clinical Biomechanics*, 7 (3) :181-184, 1992.
 9. Cook SD, Kester MA, Brunet ME. :Shock absorption characteristics of running shoes. *The American journal of sports medicine*, 13 (4) :248-253, 1985.
 10. De la Fuente CI, Henríquez H, :Ramírez-Campillo R, Delgado M, Chamorro C, Ruidiaz S, et al. Can cushioned shoes with anatomical insole correct the impact in runners with recurring shin splint. *J Exerc Sports Orthop*, 2 (1) , 2015.
 11. Bonanno DR, Landorf KB, Munteanu SE. :Effectiveness of foot orthoses and shock-absorbing insoles for the prevention of injury: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*, 51 (2) :86-96, 2017.
 12. Harry JR, Paquette MR, Caia J. :Effects of footwear condition on maximal jumping performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29 (6) :1657-1665, 2015.
 13. Radin EL, Parker HG, Pugh JW. :Response of joints to impact loading—III: Relationship between trabecular microfractures and cartilage degeneration. *Journal of biomechanics*, 6 (1) :51-57, 1973.
 14. Robbins SE, Hanna AM, Gouw GJ. :Overload protection: avoidance response to heavy plantar surface loading. *Med Sci Sports Exerc*, 20 (1):85-92, 1988.

Effect of insoles on ground reaction force during drop jump landing with healthy subjects

Kosuke Oku ¹⁾ Tomoya Watanabe ¹⁾ Keisuke Kurimoto ¹⁾ Tomoki Koike ¹⁾
Kiyoshi Nagano ¹⁾

¹⁾ Faculty of Rehabilitation, Shijonawate Gakuen University

Key words

insoles · ground reaction force · drop jump landing

Abstract

This study was designed to determine whether the use of shoes with insoles changed in ground reaction force during drop jump landing in healthy subjects. Nine subjects performed single leg jumps onto a force platform at a self-selected pace for five trials with and without insoles, and ground reaction forces, were recorded. Magnitudes of forces during the first 200 ms following impact were analysed and compared between with and without insoles. The use of shoes with insoles significantly decreased the lateral force peaks, and increased medial force peaks. The use of shoes with insoles reduce impact forces in healthy subjects. These results suggest that may contribute to disorder prevention by a reduction of impact force while using insoles.