

シューズを用いた運動時における足部・足関節の運動学の検討

Foot and Ankle kinematics used shoe during motion

スポーツ医学研究領域

5 0 0 9 A 0 0 2-9 秋山 圭

研究指導教員：福林 徹 教授

緒言

下腿～足部は、大小26個からなる骨構造と骨格筋、腱から成り立っており、立位時の体重移動では足部および足関節の各関節が協調して動くことにより負荷を分散させることに寄与するといわれている。特に歩行やランニングでは、筋群と骨構造の相互的な働きが求められ、傷害発生に関しても個々の骨構造と筋の協調運動の有無が密接に関係していると述べられている文献も散見される。

近年、足関節、下腿障害予防の観点から、距腿関節および距骨下関節の運動を明らかにすることの重要性が指摘されている。また、衝撃吸収の際に重要な役割を担うと言われている足底部脂肪組織や距腿関節および距骨下関節については、近年その動き・働きを明らかにする取り組みが多くなされている。

シューズを用いた実験はシューズのインソール・ミッドソール・アウトソールなどの素材のクッション性を対象にしたものや皮膚上に貼付したマーカーによる動作解析が数多くみられ、踵部脂肪組織の変化や足関節の本来の動きに関する研究は依然として少ない。なぜなら距骨には体外から触知可能な骨ランドマークが存在しないため、正確な計測ができない。

実験 1

[目的] 本実験の目的は、一定の着地動作を行った際の踵部脂肪組織の変位様式を明らかにすることを目的として実施した。

[方法] 若年者12名を対象として実験を行った。全ての被験者は下肢に重篤な外傷・障害や手術歴の無い者であり、また実験を実施する時点で歩行やスポーツ活動に支障をきたすような症状を有さない者であった。すべての実験試技は fluoroscopy (INTEGRIS BH5000R.1 Koninklijke Philips Electronics N.V.)を用いてエックス線撮影を行っ

た。着地動作の撮影においては、サンプリング周波数 60 Hz, 50 kV・200 mA (1 msec)の設定で撮影を行った。実験試技は 10 cm の高さからの片脚着地とした。その際、膝関節伸展位を保持した状態で着地動作を行わせた。また、追加実験が実施可能であった4名の被験者にランニング模擬動作時における踵部脂肪組織の変形様式を計測した。

[結果] いずれの被験者も接地後約 0～50 msec 前後で踵部脂肪組織は大きな変位量を取った。シューズ着用時の踵部着地後の脂肪組織の変位量は $-3.4 \pm 1.7\text{mm}$ であり、裸足時の変位量は $-9.8 \pm 2.5\text{mm}$ であった。(図1) 着地後の踵部脂肪組織の変位量はシューズ着用時よりも裸足時の方が有意に大きい値を示した。また、シューズ着用時の床反力鉛直成分は 1.4 ± 0.3 裸足時の床反力鉛直成分は 1.85 ± 0.3 であった。踵部着地後の脂肪組織の変位量はシューズ着用時よりも裸足時の方が有意に大きい値を示した。ランニング模擬動作した際の踵部接地の瞬間の脂肪厚をゼロとした踵部脂肪組織の変位量は、いずれの被験者も接地後約 50～100 msec 前後で踵部脂肪組織は一定の変位量を取った。踵部着地後の脂肪組織の変位量は $-3.4 \pm 1.6\text{mm}$ であった。(図2)

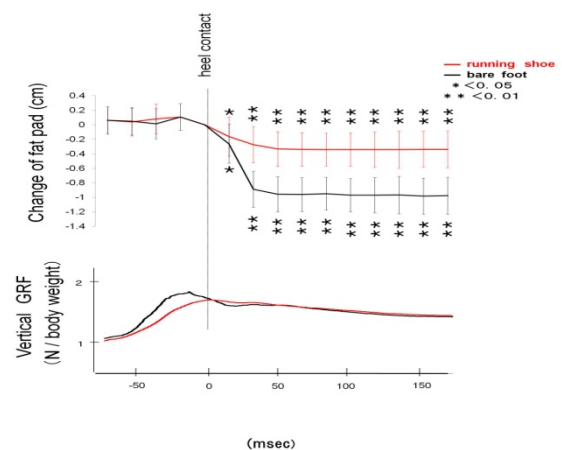


図1 着地動作時における足底脂肪組織

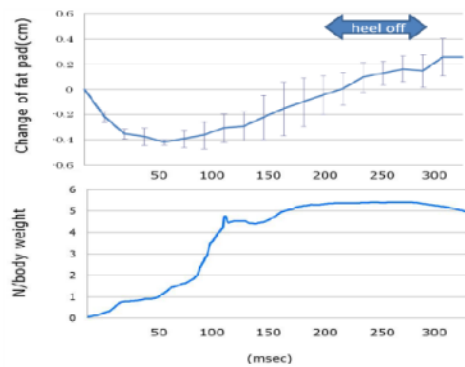


図2 ランニング模擬動作時における足底脂肪組織

〔考察〕10 cm の高さからの片脚着地時について、シューズ着用時の方が裸足時に比べ、踵部脂肪組織は有意に低い値をとった。また、ランニング模擬動作時におけるシューズ着用時の踵部脂肪組織は10 cm の高さからの片脚着地時シューズ着用時と似た値をとった。本結果より、荷重状態においては、踵部脂肪組織に与えるシューズ着用の有無は大きいものと考えられる、10 cm の高さからの片脚着地時とランニング模擬動作時の運動課題の違いについて、前者の N/body weight が約 2N、後者の N/body weight が約 5N であるにもかかわらず、どちらの変位量も-3.5mm 程度であった。適切なフィットのシューズ着用によって踵部脂肪組織の放散を防ぎ、ヒールカウンターの効果がヒールパッドに大きく影響していることが考えられ、本研究もシューズを着用した踵部脂肪組織の変形は床反力鉛直成分の大小の影響だけでなく、シューズの踵部脂肪組織の閉じ込み作用が大きく影響していると考えられる。

実験 2

〔目的〕本実験の目的はランニング模擬動作時の heel contact 時に注目した、距腿関節および距骨下関節、足関節の運動解析を行うこととした。

〔方法〕若年健常者計 6 名（男性：4 名、女性：2 名）を対象として CT 撮影を行った。また、ランニング模擬動作時の動画は、本論文実験 1 の追加実験で撮影したランニング模擬動作をシューズ着用、裸足の 2 種類の着地動作動画画像を使用した。着地動作を行った際の距腿関節および距骨下関節、足関節について、踵部が接地(heel strike)してから踵部が離地する(heel off)までの間の両関節の動きを 3D-2D model-image registration を用いて

解析した。

〔結果〕どの関節においても有意な差はみられなかった。シューズ着用時に比べ、裸足時にはより底屈・外返しする傾向があった。距骨下関節においては、距骨に対する踵骨の背屈・外返し・外旋の複合的な動きが起こっていた。また、シューズ着用時に比べ、裸足時にはより外返し・外旋する傾向があった。足関節においては、脛骨に対する踵骨の底屈・外旋が起こっていた。また、シューズ着用時に比べ、裸足時にはより底屈・外旋する傾向があった。

〔考察〕本研究はスポーツ活動の中で起こるランニングに近い運動形態での足関節複合体のキネマティクスを調査した。ランニング模擬動作によって、距腿関節・足関節の動きは主に底背屈の動きで、軸周り（蝶番関節のような）動きであった。距骨下関節は下後外部から上前内部への回内動作を起こすことが明らかとなった。また、本研究では、先行研究の値よりも大きな角度変位だった。この違いは、荷重の際に筋や身体の内臓組織などの影響が作用したことによって、切断肢と生体のキネマティクスの結果の違いになったと考えられる。

本研究では各関節における並進運動を明らかにすることを試みた。しかしながら、本研究では、並進運動の値が小さいことや個人間差が大きく、一定した傾向がみられなかった。特に、本研究では矢状面からの画像解析であるため、内外側方向の動きを詳細に追うことができないことがあげられる。

表 1 各関節の角度変位

		dorsi(+)/plantar(-) flexion	inversion(-)/eversion(+)	i(-)/e(+) rotation
Talocrural joint	bare foot	-14.2 ± 8.5°	2.0 ± 2.8°	5.5 ± 4.7°
	running shoe	-5.2 ± 4.5°	2.7 ± 4.6°	1.3 ± 3.9°
Subtalar joint	bare foot	2.8 ± 1.8°	4.7 ± 4.0°	3.6 ± 3.4°
	running shoe	2.3 ± 1.4°	3.0 ± 1.7°	1.5 ± 1.0°
ankle joint	bare foot	-11.1 ± 2.1°	-1.8 ± 3.3°	5.9 ± 7.1°
	running shoe	-5.3 ± 1.2°	5.2 ± 4.5°	3.2 ± 1.1°

結語

本研究で確認された、足底脂肪組織・距腿関節・距骨下関節・足関節の活動特性はシューズ着用の有無による影響を大きく受けていると考えられた。