

過度な足部回内が骨盤および 下肢アライメントに与える影響 —異なる膝屈曲角度条件による検討—

Comparing the effects of excessive foot pronation on the pelvis and lower limb alignment between the extended and flexed knee positions

千田周也*1,2, 越野裕太*1,3, 山中正紀*4
奥貫拓実*5, 寒川美奈*1, 遠山晴一*1

キー・ワード：foot pronation, alignment, sports injury
足部回内, アライメント, スポーツ障害

〔要旨〕 足部回内の増大は種々の下肢スポーツ障害の発生と関係しており、この背景には運動連鎖が関与している可能性がある。膝伸展位における足部回内は骨盤および下肢アライメントに影響を与えるが、スポーツ動作の基本肢位である膝屈曲位での影響は明らかではない。本研究の目的は膝伸展位と膝屈曲位における足部回内が骨盤および下肢アライメントに与える影響の違いを検討することとした。対象は健常例 13 名の右脚とし、足部を回内させるための傾斜台 (0°, 10°, 20°) に膝屈曲 3 条件 (0°, 25°, 50°) での両脚立位姿勢の三次元動作解析を行い、後足部・膝関節・股関節・骨盤角度を算出した。二元配置反復測定分散分析を行った結果、膝屈曲 3 条件全てにおいて、傾斜角度増大に伴い後足部外がえし角度は有意に増大した。膝関節内旋角度は、膝伸展位において傾斜角度増大により有意に増大したものの、膝屈曲位においては有意に減少した。また、股関節内転角度は、膝屈曲位においてのみ傾斜角度増大により有意に増大した。一方で、膝関節外転および股関節内旋角度は、膝屈曲条件に関わらず、傾斜角度増大により有意に増大した。本研究より、立位時の過度な足部回内による膝関節内外旋および股関節内外転への影響は膝伸展位と膝屈曲位において異なることが示唆された。このことから、足部回内による運動連鎖は、膝伸展位および膝屈曲位のそれぞれで評価する必要があると考えられた。

緒 言

足部は身体で唯一地面と接する部位であることから、荷重下における足部機能はスポーツ動作における衝撃吸収や力の伝達に重要と考えられる。足部回内は踵骨外がえし、距骨底屈・内転を伴う複合運動であり¹⁾、踵骨外がえしにより足部の柔軟性が増大するため、荷重に対して足部を適応させる役割を果たす²⁾。しかし、足部回内の増大は膝蓋

大腿疼痛症候群、脛骨疲労骨折、medial tibial stress syndrome など多くの障害発生との関連が報告されており、これらの障害発生メカニズムには足部回内からの運動連鎖が関係している可能性が考えられている³⁻⁶⁾。

先行研究では、過度な足部回内が上位関節アライメントに与える影響を検討し⁷⁻¹⁰⁾、ウェッジによる過度な足部回内により、両脚立位において、膝関節・股関節内旋角度および骨盤前傾角度が増大し^{7,8)}、片脚立位において、股関節内旋角度、骨盤前傾角度が増大することを報告した⁹⁾。しかし、これらの研究は膝伸展位条件のみで過度な足部回内による運動連鎖を検討している。実際の日常生活およびスポーツ動作では膝屈曲位での動作が数多

*1 北海道大学大学院保健科学研究院

*2 函館整形外科クリニックリハビリテーション部

*3 NTT 東日本札幌病院リハビリテーションセンター

*4 北海道千歳リハビリテーション大学健康科学部

*5 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

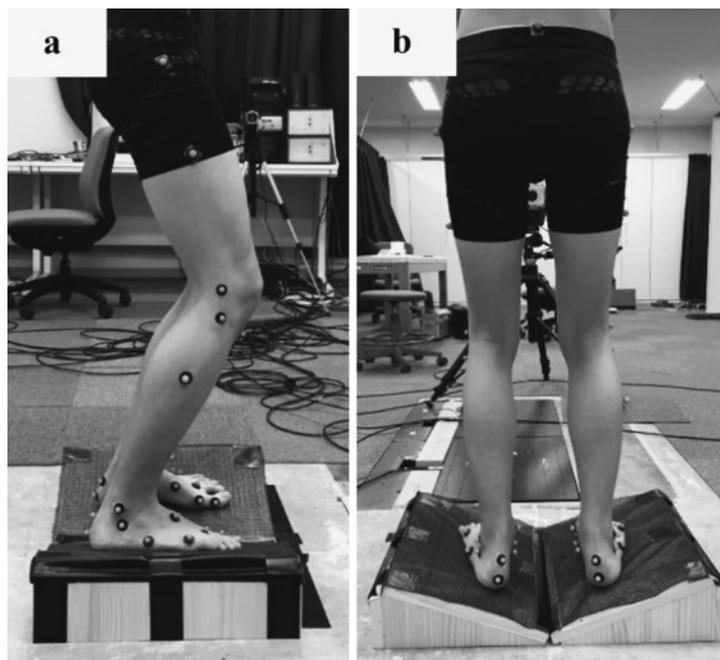


図1 両脚立位姿勢.

く存在するため、これらの動作でも同様の運動連鎖が生じているかどうかは明らかではない。歩行においては、ウェッジによる過度な足部回内により、立位姿勢と同様に股関節内旋角度が増大するが、膝関節内旋角度は立脚初期で増大、立脚終期では減少することが報告されている¹⁰⁾。歩行では1周期を通して膝関節運動が変化するため、立脚期の場面により過度な足部回内が膝関節内旋角度に与える影響が異なった可能性が考えられる。

膝屈曲角度の違いにより膝関節の構造的安定性が変化することが一般的に知られている¹¹⁾。膝伸展位においては、膝靭帯および関節包などの静的支持機構が緊張することにより膝関節の副運動が制限されるが、膝25°屈曲位においては、多くの静的支持機構が弛緩するため副運動が増大する¹¹⁾。それゆえ、膝伸展位と膝屈曲位では足部回内角度増大による上位関節アライメントへの影響も異なる可能性が推察される。そのため、膝伸展位だけでなく膝屈曲位における足部回内からの運動連鎖を検討することが必要と考えられる。

そこで、本研究の目的は、膝伸展位と膝屈曲位において、過度な足部回内が骨盤および下肢アライメントに与える影響の違いを検討することとした。仮説は、膝伸展位と膝屈曲位では過度な足部回内が上位関節アライメントに与える影響は異なる、とした。

対象および方法

1. 対象

健常男性8名、健常女性5名の計13名(年齢： 21.9 ± 0.9 歳，身長： 166.1 ± 12.2 cm，体重： 58.8 ± 12.7 kg)の右脚を対象とした。除外基準は下肢の骨折歴・手術歴，6ヵ月以内における下肢の整形外科的疾患の既往および脚長差⁷⁾を有することとした。各被験者には実験前に本研究内容の説明を十分に行い，実験参加に対する同意を得て実施した。なお，本研究は著者らが所属する組織の倫理委員会の承認を得て実施された(承認番号：16-98)。

2. 手順

姿勢課題は異なる膝屈曲および足部回内条件での両脚立位保持とした(図1)。膝屈曲条件は0°，25°，50°の3条件とし，ゴニオメーターを用いて膝屈曲角度を規定した。足部回内条件は先行研究に基づき⁷⁾，床面(0°)，と，10°および20°の2種類の傾斜台上での両脚立位姿勢保持の3条件とし(図2)，膝屈曲3条件と足部回内3条件を組み合わせた計9条件における姿勢保持を無作為に実施した。姿勢保持課題は10秒間とし3試行実施した。また，課題中に両足部は骨盤幅，体幹は直立位と規定し，腕は胸の前で組むように指示した。課題の記録には三次元動作解析装置(Cortex-64

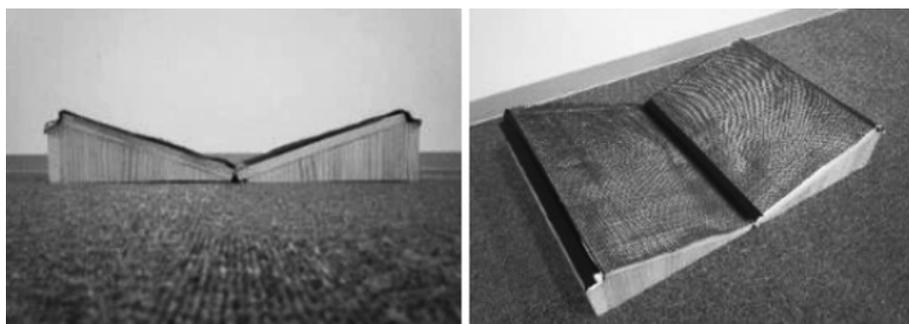


図2 傾斜台.



図3 赤外線反射マーカ配置.

5.5.0.1579, Motion Analysis 社製, USA), 赤外線カメラ 6 台(Hawk Digital Camera, Motion Analysis 社製, USA; サンプル周波数 200Hz), 反射マーカ 22 個を使用した. 貼付部位は Helen Hayes marker set¹²⁾ および Rizzori multi-segment foot model¹³⁾ に準じ, 仙骨, 両上前腸骨棘, 大腿外側, 大腿骨内側上顆・外側上顆, 脛骨粗面, 腓骨頭, 内果, 外果, アキレス腱踵骨附着部, 踵骨後面最大突出部, 載距突起, 腓骨筋腱滑車, 舟状骨, 第 1・2・5 中足骨底, 第 1・2・5 中足骨頭, 第 1 趾節間関節とした (図 3).

3. データ解析

三次元動作解析装置より得られたマーカ座標データは 4 次の Butterworth low-pass filter (cut-

off 6Hz) を用いて処理した. Visual 3D software (C-motion 社製, USA) を用い, 被験者毎に骨モデルを作成し, 関節およびセグメント角度を算出した. Helen Hayes marker set¹²⁾ に準拠したマーカ座標データを基に仙骨, 両側上前腸骨棘マーカより骨盤セグメント, 骨盤セグメントの原点と両側上前腸骨棘マーカにより推定された股関節中心, 大腿外側および大腿骨内側上顆・外側上顆のマーカより大腿セグメント, Rizzori multi-segment foot model¹³⁾ に準拠したマーカ座標データを基に, 脛骨粗面, 腓骨頭, 内果, 外果のマーカより下腿セグメント, アキレス腱踵骨附着部, 載距突起, 腓骨筋腱滑車のマーカより後足部セグメントを作成した. これらのセグメント

から、下腿に対する後足部(以下後足部)の角度、大腿に対する下腿(以下膝関節)の角度、骨盤に対する大腿(以下股関節)の角度、実験室座標系における骨盤(以下骨盤)の角度を算出した。解析区間は記録した姿勢保持課題10秒中の4秒間(3~7秒)とし、3試行の平均値を解析した。

4. 統計解析

統計解析にはSPSS Software ver.22 (IBM 社製)を使用した。検討項目は後足部内/外がえし角度、膝関節内外旋・内外転角度、股関節内外旋・内外転角度、骨盤前後傾・側方傾斜・回旋角度とし、二元配置反復測定分散分析を用いて、膝屈曲条件、足部回内条件の主効果、膝屈曲条件と足部回内条件の交互作用を検討した。Post hoc testにはBonferroni法を用いた。有意水準は $P < 0.05$ とした。

結 果

後足部内/外がえしにおいて、足部回内条件の有意な主効果を認めたものの($P < 0.01$)、膝屈曲条件の主効果、膝屈曲と足部回内の交互作用は認めなかった($P > 0.05$)。Post hoc testにて、膝屈曲3条件全てにおいて、足部を回内させる傾斜角度

増大に伴い後足部外がえし角度は有意に増大した($P < 0.05$) (表1)。

膝関節内外旋において(図4A)、膝屈曲および足部回内条件の有意な主効果を認めなかったが($P > 0.05$)、膝屈曲と足部回内の有意な交互作用を認めた($P < 0.01$)。Post hoc testにて、傾斜 0° に対し傾斜 20° では、膝伸展位において膝関節内旋角度が有意に増大したが($P < 0.01$)、膝屈曲位においては有意に減少した($P < 0.01$)。また、傾斜 0° に対し傾斜 10° では、膝屈曲 50° においてのみ膝関節内旋角度が有意に減少した($P < 0.01$)。傾斜 10° に対し傾斜 20° では、全ての膝屈曲角度において膝関節内外旋角度の有意な変化を認めなかった($P > 0.05$)。

表1 各条件における後足部内/外がえし角度 ($^\circ$)

	傾斜		
	0°	10°	20°
膝屈曲 0°	0.00 ± 0.00	$4.06 \pm 2.08^*$	$6.77 \pm 2.98^{*\dagger}$
膝屈曲 25°	0.69 ± 2.21	$4.96 \pm 2.60^*$	$7.03 \pm 3.80^{*\dagger}$
膝屈曲 50°	1.44 ± 3.52	$5.31 \pm 3.21^*$	$7.36 \pm 5.91^{*\dagger}$

後足部外がえしが正、内がえしが負の値を示す。

* : vs 傾斜 0° ($P < 0.05$) † : vs 傾斜 10° ($P < 0.05$)

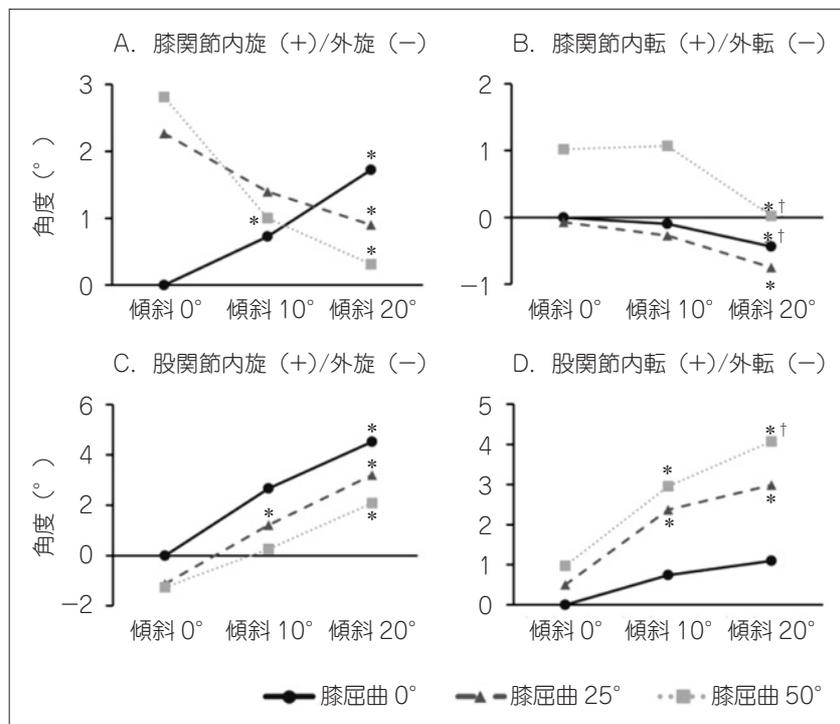


図4 各条件における膝関節・股関節角度
Aは膝関節内旋, Bは膝関節内転, Cは股関節内旋, Dは股関節内転を表す。
* : vs 傾斜 0° ($P < 0.05$) † : vs 傾斜 10° ($P < 0.05$)

表2 各条件における骨盤前後傾角度 (°)

	傾斜		
	0°	10°	20°
膝屈曲 0°	0.00 ± 0.00	0.01 ± 2.99	0.52 ± 1.81
膝屈曲 25°	-1.60 ± 4.73	-0.84 ± 4.03	0.00 ± 4.94
膝屈曲 50°	-2.06 ± 6.26	-0.84 ± 5.01	0.36 ± 6.31*

骨盤前傾が正、後傾が負の値を示す。

* : vs 傾斜 0° ($P < 0.05$)

表3 各条件における骨盤側方傾斜角度 (°)

	傾斜		
	0°	10°	20°
膝屈曲 0°	0.00 ± 0.00	-1.91 ± 2.18	-1.99 ± 4.39
膝屈曲 25°	-0.18 ± 4.44	-3.22 ± 3.49	-1.42 ± 4.90
膝屈曲 50°	-1.45 ± 7.11	-2.72 ± 3.52	-1.94 ± 4.35

骨盤の右への傾斜が正、左への傾斜が負の値を示す。

膝関節内外転において(図4B), 足部回内条件の有意な主効果を認めたものの ($P < 0.01$), 膝屈曲条件の有意な主効果, 膝屈曲と足部回内の有意な交互作用を認めなかった ($P > 0.05$). Post hoc testにて, 傾斜 0° に対し傾斜 20° では, 全ての膝屈曲角度において膝関節内転角度が有意に減少した ($P < 0.05$). また, 傾斜 10° に対し傾斜 20° では, 膝屈曲 0° および 50° において膝関節内転角度が有意に減少したが ($P < 0.01$), 膝屈曲 25° においては膝関節内外転角度の有意な変化を認めなかった ($P > 0.05$). 傾斜 0° に対し傾斜 10° では, 全ての膝屈曲角度において膝関節内外転角度の有意な変化を認めなかった ($P > 0.05$).

膝関節内外旋において(図4C), 足部回内条件の有意な主効果を認めたものの ($P < 0.01$), 膝屈曲条件の有意な主効果, 膝屈曲と足部回内の有意な交互作用は認めなかった ($P > 0.05$). Post hoc testにて, 傾斜 0° に対し傾斜 20° では, 全ての膝屈曲角度において股関節内旋角度が有意に増大した ($P < 0.01$). 傾斜 0° に対し傾斜 10° では, 膝屈曲 25° において股関節内旋角度が有意に増大したが ($P < 0.05$), 膝屈曲 0° および 50° において股関節内外旋角度の有意な変化は認めなかった ($P > 0.05$). 傾斜 10° に対し傾斜 20° では, 全ての膝屈曲角度において股関節内外旋角度の有意な変化を認めなかった ($P > 0.05$).

膝関節内外転において(図4D), 膝屈曲条件と足部回内条件の有意な主効果および膝屈曲と足部

表4 各条件における骨盤回旋角度 (°)

	傾斜		
	0°	10°	20°
膝屈曲 0°	0.00 ± 0.00	1.10 ± 2.11	1.83 ± 4.93
膝屈曲 25°	-0.64 ± 4.23	2.02 ± 3.27	1.11 ± 4.03
膝屈曲 50°	0.76 ± 6.26	2.32 ± 3.63	1.69 ± 4.39

骨盤の右への回旋が正、左への回旋が負の値を示す。

回内の有意な交互作用を認めた(全て $P < 0.01$). Post hoc testにて, 膝伸展位において傾斜角度増大による股関節内外転角度の有意な変化は認めなかったが ($P > 0.05$), 膝屈曲位 (25°, 50°) においては, 傾斜 0° に対し傾斜 10° および 20° の間で股関節内転角度が有意に増大した(全て $P < 0.01$). また, 傾斜 10° に対し傾斜 20° では, 膝 50° 屈曲位においてのみ股関節内転角度が有意に増大した ($P < 0.05$).

骨盤前後傾角度において(表2), 足部回内条件の有意な主効果を認めたものの ($P < 0.05$), 膝屈曲条件の有意な主効果, 膝屈曲と足部回内の有意な交互作用を認めなかった ($P > 0.05$). Post hoc testにて, 膝屈曲 50° においては, 傾斜 0° に対し傾斜 20° の間でのみ骨盤前傾角度が有意に増大した ($P < 0.05$). 膝伸展位および膝屈曲 25° において傾斜角度増大による骨盤前後傾角度の有意な変化は認めなかった ($P > 0.05$).

骨盤側方傾斜および回旋角度において(表3, 4), 膝屈曲条件と足部回内条件の有意な主効果および膝屈曲と足部回内の有意な交互作用を認めなかった ($P > 0.05$).

■ 考 察

本研究は膝伸展位と膝屈曲位のそれぞれの肢位において, 過度な足部回内が骨盤, 股関節および膝関節アライメントに与える影響の違いを検討した. 本研究から, 過度な足部回内が膝関節内旋と股関節内転に与える影響は, 膝伸展位と膝屈曲位において異なることが明らかになった. このことから, 過度な足部回内から上位関節への運動連鎖は, 膝伸展位および膝屈曲位のそれぞれで評価する必要があると考えられた.

本研究では, 足部を回内させるために傾斜台を用いた(図2). 膝屈曲3条件全てにおいて, 傾斜角度増大に伴い, 後足部外がえし角度が有意に増大した. また, 骨盤の側方傾斜および回旋角度に

条件間の違いを認めなかった。これらのことから、本研究の立位課題は左右対称の姿勢で評価され、傾斜台を用いることで、過度な足部回内が上位関節に及ぼす影響を検討するための条件設定は達成されたと考えられる。しかし、傾斜角度が10°ずつ増大したのに対し、後足部外がえし角度の変化量は概ね5°未満であった(表1)。それゆえ、傾斜角度増大の影響は後足部外がえしだけでなく足部および下腿の内傾にも波及した可能性があることに留意が必要である。

股関節内転角度は、膝屈曲位においてのみ傾斜角度増大により有意に増大し、膝伸展位においては変化を認めなかった(図4D)。これは、歩行および片脚着地において、後足部内/外がえし運動と股関節内外転運動が強い相関性を示すという先行研究を支持する結果である¹⁴⁾。また、この先行研究では歩行および片脚着地において、後足部運動の変化に対して、膝関節より股関節運動の変化が大きくなることを報告している¹⁴⁾。両動作ともに膝屈曲を伴う動作であることから、足部回内が股関節運動に与える影響は、膝伸展位に比べ膝屈曲位において大きくなると考えられた。また、膝屈曲位においては膝関節の副運動が増大するが¹¹⁾、傾斜角度増大により股関節内旋が増大することで膝関節中心が内方化し、その結果として股関節内転角度も増大したと考えられた。また、膝伸展位では後足部外がえしの影響が股関節内旋に波及するが⁷⁾、膝関節屈曲により後足部と股関節の運動軸の位置関係が変化することで、後足部外がえしの影響が股関節内旋だけでなく内転にも波及した可能性も考えられた。

膝関節内旋角度は、膝伸展位において傾斜角度増大により有意に増大したものの、膝屈曲位においては有意に減少した(図4A)。先行研究において、ウェッジを用いた足部回内誘導により、歩行の立脚初期で膝関節内旋が増大するのに対し、立脚終期では減少することが報告されている⁹⁾。本研究結果から、歩行時の膝屈曲角度の違いにより、足部回内の膝関節内旋に与える影響が異なることが明らかとなった。荷重下における膝関節屈曲は足関節背屈を伴い、これにより距腿関節の力学的安定性が増大する¹⁵⁾。足部回内が引き起こす下腿内旋は、距骨内旋を介して生じることが知られているが^{7,16)}、膝屈曲位においては、距腿関節の可動性が低下し距骨内旋が制限されることで、下腿内

旋が増大しなかった可能性が考えられる。また、膝屈曲位において傾斜角度増大により股関節内旋および内転角度が増大したため、膝関節は相対的に外旋したと考えられた。

先行研究⁷⁻⁹⁾に反して、骨盤前傾角度は、膝屈曲50°において傾斜角度増大により有意に増大したが、膝伸展位において変化を認めなかった。腰椎前弯や体幹前後傾は骨盤前後傾角度に影響を与えることが報告されている^{17,18)}。また、本研究では課題時の体幹肢位を直立位に規定した。そのため、膝屈曲あるいは足部回内条件が骨盤前傾角度に影響を及ぼさなかった可能性が考えられた。

本研究では、膝屈曲位における後足部外がえし角度増大により、膝関節内旋角度が減少し股関節内転角度が増大することが明らかになった。このことから、スポーツで頻回に行う膝屈曲動作時の膝関節内旋の減少、股関節内転の増大を修正するために足部回内への介入が有用な可能性が示唆された。また、膝蓋大腿疼痛症候群症例は、片脚スクワット、ランニングおよび片脚ジャンプなどのスポーツ動作において、後足部外がえし、膝関節外旋および股関節内転角度が増大することが報告されており^{3,19)}、本研究結果から、膝蓋大腿疼痛症候群症例の膝関節および股関節運動が足部回内からの運動連鎖により生じる可能性が考えられる。このため、膝蓋大腿疼痛症候群症例の症状軽減のために足部回内の評価および治療が効果的な可能性が考えられた。

本研究において考慮すべき限界がいくつか挙げられる。1つ目に、本研究における姿勢保持が両脚の課題であったことが挙げられる。スポーツでは片脚動作が多く要求され、片脚における影響は異なる可能性が考えられる。2つ目に、本研究における課題が静的なものであり、スポーツ動作において同様の結果を示すかは不明なことが挙げられる。今後はスクワット、ジャンプ着地やランニングのような動的な課題における検討も必要と考えられる。3つ目に、本研究の対象が健常者のみであったことが挙げられる。スポーツ障害を有する者は本研究と異なる運動連鎖を示す可能性が考えられる。4つ目に、本研究の対象が男性および女性の両性であることが挙げられる。下肢アライメントには性差があることが報告されており²⁰⁾、本研究においても静的アライメントに性差があった可能性がある。今後は足部回内が下肢アライメント

に与える影響の性差についても検討が必要と考えられる。

結 語

本研究は膝伸展位と膝屈曲位のそれぞれの肢位において、足部回内が骨盤、股関節および膝関節アライメントに与える影響の違いを検討した。過度な足部回内が膝関節内旋と股関節内転に与える影響が、膝伸展位と膝屈曲位において異なることが明らかになった。過度な足部回内から上位関節への運動連鎖は、膝伸展位および膝屈曲位のそれぞれで評価する必要があると考えられた。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Rockar PA. The subtalar joint: Anatomy and joint motion. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995; 21: 361-372.
- 2) Blackwood CB, Yuen TJ, Sangeorzan BJ, et al. The Midtarsal Joint Locking Mechanism. *Foot Ankle Int.* 2005; 26: 1074-1080.
- 3) Barton CJ, Levinger P, Menz HB, et al. Kinematic gait characteristics associated with patellofemoral pain syndrome: A systematic review. *Gait Posture.* 2009; 30: 405-416.
- 4) Poel MB, Mullineaux DR, Milner CE, et al. Biomechanical predictors of retrospective tibial stress fractures in runners. *J Biomech.* 2008; 41: 1160-1165.
- 5) Yates B, White S. The Incidence and Risk Factors in the Development of Medial Tibial Stress Syndrome among Naval Recruits. *Am J Sports Med.* 2004; 32: 772-780.
- 6) Okunuki T, Koshino Y, Yamanaka M, et al. Forefoot and hindfoot kinematics in subjects with medial tibial stress syndrome during walking and running. *J Orthop Res.* 2019; 37: 927-932.
- 7) Khamis S, Yizhar Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait Posture.* 2007; 25: 127-134.
- 8) Pinto RZA, Souza TR, Trede RG, et al. Bilateral and unilateral increases in calcaneal eversion affect pelvic alignment in standing position. *Man Ther.* 2008; 13: 513-519.
- 9) Tateuchi H, Wada O, Ichihashi N. Effects of calcaneal eversion on three-dimensional kinematics of the hip, pelvis and thorax in unilateral weight bearing. *Hum Mov Sci.* 2011; 30: 566-573.
- 10) Resende RA, Hassan EA, Fonseca ST, et al. Increased unilateral foot pronation affects lower limbs and pelvic biomechanics during walking. *Gait Posture.* 2015; 41: 395-401.
- 11) Magee DJ. *Orthopedic Physical Assessment.* Elsevier; 2002.
- 12) Kadaba MP, Ramakrishnan HK, Wootten ME. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *J Orthop Res.* 1990; 8: 383-392.
- 13) Leardini A, Benedetti MG, Berti L, et al. Rear-foot, mid-foot and fore-foot motion during the stance phase of gait. *Gait Posture.* 2007; 25: 453-462.
- 14) Koshino Y, Yamanaka M, Ezawa Y, et al. Coupling motion between rearfoot and hip and knee joints during walking and single-leg landing. *J Electromyogr Kinesiol.* 2017; 37: 75-83.
- 15) Calhoun JH, Li F, Ledbetter BR, et al. A comprehensive study of pressure distribution in the ankle joint with inversion and eversion. *Foot Ankle Int.* 1994; 15: 125-133.
- 16) Inman VT. *The joints of the ankle.* Baltimore: Williams & Wilkins; 1976.
- 17) Leveine D, Whittle MW. The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996; 24: 130-135.
- 18) Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, et al. How do anterior/posterior translations of the thoracic cage affect the sagittal lumbar spine, pelvic tilt and thoracic kyphosis? *Eur Spine J.* 2002; 11: 287-293.
- 19) Willson JD, Davis IS. Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. *Clin Biomech.* 2008; 23: 203-211.
- 20) Ireland ML, Ott SM. Special concerns of the female athlete. *Clin Sports Med.* 2004; 23: 281-298.

(受付：2020年5月1日，受理：2021年6月9日)

Comparing the effects of excessive foot pronation on the pelvis and lower limb alignment between the extended and flexed knee positions

Chida, S.^{*1,2}, Koshino, Y.^{*1,3}, Yamanaka, M.^{*4}
Okunuki, T.^{*5}, Samukawa, M.^{*1}, Tohyama, H.^{*1}

*¹ Faculty of Health Sciences, Hokkaido University

*² Department of Rehabilitation, Hakodate Orthopedics Clinic

*³ Rehabilitation Center, NTT Medical Center Sapporo

*⁴ Faculty of Health Science, Hokkaido Chitose College of Rehabilitation

*⁵ Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

Key words: foot pronation, alignment, sports injury

[Abstract] The effect of foot pronation on proximal alignment when the knee flexed is unclear. The purpose of this study was to investigate the effects of the foot pronation on the pelvis and lower limb alignment under the conditions of extension and flexion of the knee. The double-leg standing posture under nine different conditions: three knee flexion conditions (0°, 25° and 50°) and three foot pronation conditions (standing on the floor, and on wedges with angles of 10° and 20°, respectively), were recorded using three-dimensional motion analysis in 13 healthy subjects. The kinematics of the rear foot, knee and hip joints, and pelvis were compared between the conditions. As the wedge angle increased, rear-foot eversion, knee abduction and hip internal rotation significantly increased in all three knee positions. Knee internal rotation significantly increased only in the knee extended position, but decreased in the knee flexed positions as the wedge angle increased. Hip adduction significantly increased only in the knee flexed positions by increasing the wedge angle. This study suggested that the effects of excessive foot pronation on the knee and hip alignment during standing are different between the extended and flexed knee positions.