

健常成人における母趾関節運動と足部内在筋の関連性について

金子貴俊、天野喜崇

要旨：【目的】母趾屈曲機能は姿勢保持の役割として重要とされているが、母趾関節可動性と足部内在筋の関係性についての報告は少ない。本研究の目的は、健常成人における母趾関節屈曲可動性と足部内在筋の関係について検討することとした。【方法】対象は健常成人男性15名30趾とした。評価項目は、中足趾節関節（MTP）と趾節間関節（IP）の自動・他動屈曲可動域、短母趾屈筋と母趾外転筋の安静時筋厚、Navicular drop test（NDT）での端座位と立位における変化率（NDT率）とした。【結果】他動MTP角度に対し自動MTP角度低下を認めた症例は15趾（50%）であった。NDT率は母趾外転筋筋厚（ $r=0.50$ 、 $p<0.01$ ）、MTP角度（ $r=0.43$ 、 $p<0.05$ ）に中等度の正相関を認めた。MTP角度と短母趾屈筋筋厚（ $r=0.56$ 、 $p<0.01$ ）にも有意な中等度の正相関を認めた。IP角度は全ての項目と有意な相関を認める項目はなかった。【結論】健常成人男性においてもMTP屈曲角度不良をきたしていた。母趾外転筋筋厚は内側縦アーチに関与し、短母趾屈筋筋厚はMTP関節角度に影響する可能性が示唆された。キーワード：母趾屈曲角度・足部内在筋筋厚・エコー

慶友整形外科クリニック リハビリテーション科
〒374-0011 群馬県館林市羽附町1741
(受付日 2025年1月20日／受理日 2025年3月4日)

I. 目的

足底部には足部内在筋が存在しており、そのなかでも母趾屈曲運動を担う筋として短母趾屈筋や母趾外転筋がある。これら足部内在筋は姿勢制御に必要なバランス機能¹⁾、歩行機能²⁾に影響していることが報告されており、足部内在筋に対する介入は重要とされている。

足部内在筋は基節骨や中節骨に付着するため母趾の中足趾節（metatarsophalangeal：MTP）関節運動に大きく貢献し、趾節間（interphalangeal：IP）関節運動には足部外在筋である長母趾屈筋が主動作筋となっている。しかし、臨床においてMTP関節屈曲動作とIP関節屈曲動作が個人によって異なることを経験する。

足部内在筋の評価として超音波診断装置（以下、エコー）を用いた筋厚や筋断面積³⁾の測定方法が報告されている。エコーは非侵襲かつ簡便であることから、臨床評価において広く用いられている。しかし、母趾屈曲可動性とエコーを用いた足部内在筋

筋厚との関連性については明らかにされていない。本研究の目的は、母趾関節屈曲可動性とエコーによる足部内在筋筋厚の関係性について調査することとした。

II. 対象

対象は、健常成人男性15名30趾（平均年齢 28.9 ± 5.2 歳、身長 172.3 ± 4.0 cm、体重 71.6 ± 7.8 kg）とした。除外基準は、過去に測定側下肢の機能障害や変形が残存するような整形外科的既往を有する者は除外した。また、対象者全員に対面にて本研究の趣旨と倫理的配慮について説明し、同意を得た。なお、本研究は慶友整形外科病院倫理審査委員会の承認を得て行った。（承認番号：3624）

III. 方法

1. 母趾関節可動域評価

母趾関節可動域の測定肢位は、安静背臥位とし足関節中間位にて測定を行い、母趾屈曲関節可動域を

自動と他動にて測定した。測定には手指用ゴニオメーターを用いて5°刻みにて測定を行った。MTP関節の屈曲角度は基本軸を第1中足骨、移動軸を第1基節骨とした。IP関節の屈曲角度は基本軸を第1基節骨、移動軸を第1末節骨とした。屈曲可動域は母趾の背側にゴニオメーターを当てて測定を行った。

2. 筋厚評価 (図1、2)

エコー機器はSNI BLE HSI (コニカミノルタ社製) を用い、リニアプローブ18MHzを使用し、測定方法はBモードで行った。筋厚測定における留意点としてジェルを多めに使用し接触圧を一定とした。また、起始停止を考慮し筋の走行を踏まえ長軸で筋を捉えるよう測定を行った。

筋厚測定はCrofts³⁾らの方法を参考に、短母趾屈筋の筋厚は長母趾屈筋腱と第1中足骨頭の近位部、母趾外転筋の筋厚は舟状骨結節と踵骨内側隆起の間の足部内側面とし、筋厚測定は筋に対して長軸方向に撮像した。

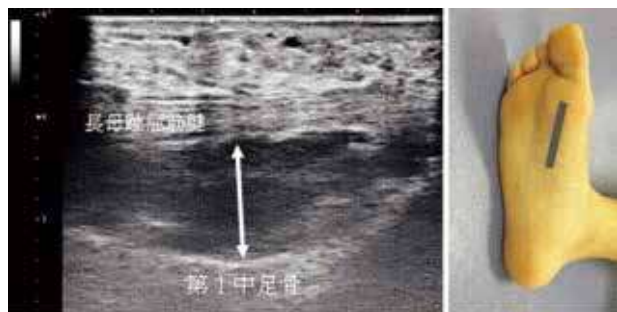


図1 短母趾屈筋における筋厚評価

短母趾屈筋の筋厚は、長母趾屈筋腱と第1中足骨頭の近位部とした

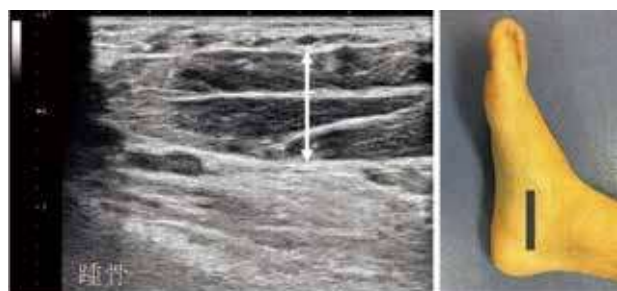


図2 母趾外転筋における筋厚評価

母趾外転筋の筋厚は、舟状骨結節と踵骨内側隆起の間の足部内側面とした

3. Navicular Drop Test : NDT (図3)

測定肢位は、安静端座位で股関節・膝関節90°屈曲位とし、舟状骨下端にマーキングを行い、床から舟状骨高までの距離を1mm単位で測定した。次に、足の位置はそのままの状態から立ちあがり、片脚立位にて床から舟状骨高までの距離を測定した。片脚立位における側方への荷重が偏らないよう非測定上肢にて棒を把持し安定した状態で測定を行った。2肢位におけるNDTの変化率 (NDT率=|片脚立位-安静端座位|/安静端座位) を求めた。

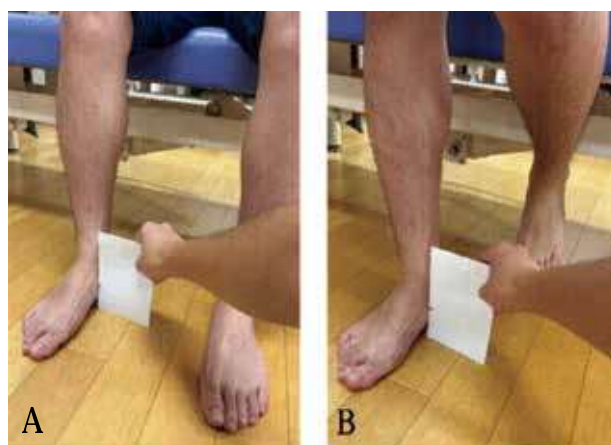


図3 Navicular drop test

A : 股関節・膝関節を90°屈曲した安静端座位
B : 片脚立位

IV. 統計学的解析

測定項目に対してShapiro-Wilk検定にて正規性の確認を行い、Spearmanの順位相関係数を用いて各評価項目の関連性について調査した。統計処理にはR4.0.2を使用し、有意水準は5%とした。

V. 結果

健常成人において母趾MTP関節の屈曲角度が正常可動域 (足の外科学会) に達していない症例が30趾のうち15趾 (37%) に認めた。また、MTP関節の他動屈曲角度に対して自動屈曲角度が5°以上低下した症例は30趾のうち15趾 (50%) に認めた (図4)。

NDT変化率は母趾外転筋筋厚 ($r=0.50$, $p<0.01$) とMTP関節屈曲角度 ($r=0.43$, $p<0.05$) に中等度の正の相関を認めた。短母趾屈筋筋厚はMTP屈曲角度 ($r=0.50$, $p<0.01$) と中等度の正の相関を認

めた。IP屈曲角度と有意な相関を認める項目はなかった。



図4 MTP関節屈曲不良例

A：MTP 関節屈曲不良例

B：MTP 関節屈曲良好例

Ⅵ. 考察

本結果より、健常成人においてIP関節屈曲角度は十分に保たれているのに対して、自動および他動にてMTP関節屈曲角度が基準値を満たしていない症例を認めた。母趾の可動域は、MTP屈曲正常可動域は35°、IP屈曲正常可動域60°とされており、健常成人においてもMTP屈曲角度が不足している症例が一定数いることがわかった。タオルギャザーやボール把持トレーニングなど足趾把持トレーニングは様々な方法が報告されているが、母趾MTP関節の屈曲パターンを考慮した報告はない。足関節や足部に既往のない健常成人においても他動・自動屈曲角度が異なっていることを理解した上で治療アプローチを考案していく必要がある。

NDT率と母趾外転筋筋厚に中等度の正の相関を認めた。柔軟な扁平足症例は姿勢の安定性を維持するために母趾外転筋の活動が増加する⁴⁾とされており、母趾外転筋が発達することで動的なNDTは軽減される²⁾と報告されている。また、天野ら⁵⁾は、荷重による足部アライメントの扁平化が、母趾外転筋を中心とした足部内在筋に対する筋電気刺激(electrical muscle stimulation：EMS)により軽減するとしている。足部内在筋として第一趾列では母

趾内外転筋が足部剛性に貢献し、内在筋群の機能低下は中足骨同士の張力を減弱させ、前足部横アーチの低下につながる⁶⁾。本結果も同様にNDT率に母趾外転筋筋厚が中等度の相関を認めたことから内側縦アーチには母趾外転筋機能が関与することが示唆された。

NDT変化率とMTP屈曲角度に中等度の正の相関を認めた。足の安定性にはFoot core systemが提唱⁷⁾されており、neural subsystem (筋腱・靱帯受容体、足底感覚)、passive subsystem (骨、足底腱膜、靱帯)、active subsystem (足部内在・外在筋)の3つが相互的に作用し安定性と柔軟性に関与するとされている。本結果として柔軟な扁平足症例は骨や靱帯性の足部剛性力が不良であり、母趾可動性に影響した可能性が考えられるが文献的根拠がなくさらなる研究が必要であると考えられる。

MTP屈曲角度と短母趾屈筋筋厚に中等度の正の相関を認めた。先行研究⁸⁾ではMTP関節固定術後は内在筋の断面積と筋厚が有意に減少し、足趾屈曲力も低下すると報告している。短母趾屈筋は母趾種子骨と基節骨底に付着することからMTP関節の屈曲を行う筋であるため、他動屈曲角度が低下している症例は短母趾屈筋機能の低下および筋厚の減少が起こる可能性が考えられる。

本研究の限界として、症例数が少なく健常男性のみであり、性別や年齢が考慮されていないため今後は対象を増やし検討する。

Ⅶ. まとめ

健常成人男性における母趾関節運動と足部内在筋との関連性について調査した。本結果より、健常成人男性において母趾外転筋筋厚は内側縦アーチに関与し、短母趾屈筋筋厚はMTP屈曲角度に影響する可能性が示唆された。

Ⅷ. 利益相反

本研究において開示すべき利益相反 (Conflict of Interest：COI) はない。

Ⅸ. 引用文献

1) Kelly LA, Kuitunen S, et al. : Recruitment of

- the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand. Clin Biomech, 27 : 46-51, 2012.
- 2) Okamura K, Kanai S, et al. : The effect of additional activation of the plantar intrinsic foot muscles on foot dynamics during gait, Foot, 34 : 1-5, 2018.
- 3) Crofts G, Angin S, et al. : Reliability of ultrasound for measurement of selected foot structures. Gait Posture, 39(1) : 35-39, 2014.
- 4) Huang, T, Chou, L, et al. : H-reflex in abductor hallucis and postural performance between flexible flatfoot and normal foot. Phys ther sport, 37 : 27-33, 2019.
- 5) 天野喜崇、鷗飼康二・他：母趾外転筋を中心とした足部内在筋の筋活動による足部アライメントの変化についての検討. 日足外会誌45(1)、127-129、2024.
- 6) 湯浅恵朗：外反母趾の機能解剖学的病態把握と理学療法. 理学療法31(2) : 159-165、2014.
- 7) Mckeen PO, Hertel J, et al. : The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. Br J Sports Med, 49(5) : 290, 2015.
- 8) Jaffri AH, Hertel J, et al. : Ultrasound examination of intrinsic foot muscles in patients with 1st metatarsophalangeal joint arthrodesis. Foot, 41 : 79-84, 2019.