

中足趾節関節底屈トルク測定器の開発 および 第 1 趾と第 2～第 5 趾の機能的差異の検討

The development of an instrument for measuring plantarflexion torque at metatarsophalangeal joints
and the clarification of functional difference of hallux-lessor toes

スポーツ医科学研究領域
5013A030-1 佐伯 純弥

研究指導教員：鳥居 俊 准教授

【緒言】

第 1 趾底屈筋と第 2～第 5 趾底屈筋は構造的に独立しており、外在筋と内在筋の比率や筋形態が異なる。このことは、第 1 趾と第 2～第 5 趾の底屈筋は構造的に独立しているだけでなく、機能的にも独立していることを示唆している。より効果的なエクササイズ的确立のためには、第 1 趾と第 2～第 5 趾それぞれにおける機能的差異を明らかにする必要がある。本研究では、第 1 趾と第 2～第 5 趾の機能的な差異を明らかにすることを目的とした。

【研究 1】第 1 および第 2～第 5 中足趾節関節底屈トルク測定器の開発および再現性の検討

方法：一般成人男性 10 名 10 足を対象とし、同一験者、同一被験者、異なる日に第 1 および第 2～第 5 中足趾節関節(MTP 関節)における等尺性最大随意底屈トルク(MVC トルク)を測定した。異なる日に計測された MVC トルクについて、級内相関係数(ICC) (1, 1)を求測定器。

結果および考察：ICC (1, 1)は、第 1 MTP 関節において 0.81、第 2～第 5 MTP 関節において 0.87 であり、良好な再現性が確認された。このことから、本トルク測定器は第 1 趾および第 2～第 5 趾の筋力を定量的に評価できる測定機器であることが示された。

【研究 2】第 1 および第 2～第 5 中足趾節関節における関節角度および底屈トルクの関係の違い

方法：一般成人男性 10 名 10 足を対象とし、新規に開発した MTP 関節底屈トルク測定器を用い、第 1 MTP 関節および第 2～第 5 MTP 関節における MVC トルクを MTP 関節背屈 0°, 15°, 30°, 45°, 足関節底屈位(20°), 中間位(0°), 背屈位(20°)でそれぞれ測定した。MTP 関

節における底屈トルクと MTP 関節および足関節角度の関係を検討した。

結果および考察：本研究において、第 1 MTP 関節と第 2～第 5 MTP 関節では背屈角度と MVC トルクの関係が異なることが明らかとなった。第 1 MTP 関節では、足関節底屈 20°および 0°の肢位において、第 1 MTP 関節が背屈するに従い MVC トルクが高く、力-長さ関係の上行脚にあることが示された。足関節背屈 20°において、MTP 関節背屈 0°では、力-長さ関係の上行脚、15～40°の間では、MVC トルクに有意差がなく、力-長さ関係の至適長にあることが示された(図 1)。

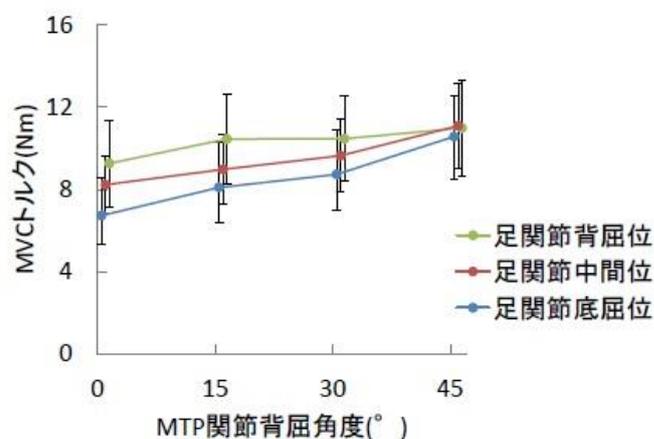


図 1. 第 1 中足趾節関節における底屈トルクおよび関節角度の関係

第 2～第 5 MTP 関節では、足関節底屈 20°の肢位において、MTP 関節が背屈するに従い MVC トルクが高く、力-長さ関係の上行脚にあることが示された。また、足関節中間位および背屈 20°の肢位において、MTP 関節背屈 0°よりも MTP 関節背屈 15°～45°の肢位で MVC

トルクが高く、MTP 関節背屈 0°~15°の間では、カー長さ関係の上行脚、15°~45°の間ではカー長さ関係の至適長にあることが示された(図 2).

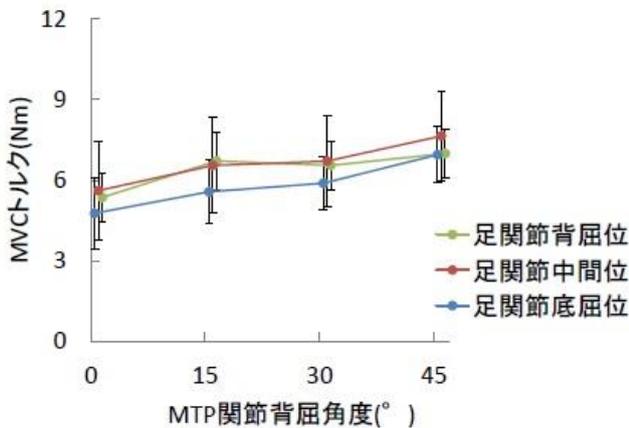


図 2. 第 2~第 5 中足趾節関節における底屈トルクおよび関節角度の関係

第 1 MTP 関節背屈 0°および 15°では、足関節背屈 20°での MVC トルクは足関節底屈 20°の値と比較して有意に高く、第 1 趾底屈筋は足関節背屈角度の影響を受けながら、第 1 MTP 関節底屈に貢献していることが示唆された。しかしながら、第 2~第 5 MTP 関節では、異なる足関節角度間で MVC トルクに有意差はみられなかった。このことから、第 2~第 5 MTP 関節底屈筋のカー長さ関係は足関節角度変化の影響を受けにくいことが示された。

【研究 3】第 1 趾および第 2~第 5 趾底屈筋のコンディショニング収縮が片脚立位時の姿勢制御能力に与える即時効果の違い

方法: 一般成人 34 名 68 脚(男性 17 名, 女性 17 名)を対象とし、30 秒間の開眼片脚立位時の前後、左右方向の重心最大変位および、前後、左右方向の重心動揺速度を測定した。被験者は重心動揺計の上に立ち、30 秒間の開眼片脚立位を行い、その際の重心軌跡を記録した。その後、被験者は立位で片側第 1 趾、第 2~第 5 趾底屈筋の 6 秒間の足趾最大等尺性底屈(コンディショニング収縮), または 1 分間の開眼安静立位の介入を実施した。コンディショニング収縮の介入では、足底圧分布計を用い、目的とする足趾に圧力がかかっていること、および目的としていない足趾に圧力がかかっ

ていないことを確認し、視覚的フィードバックを行いながらコンディショニング収縮を行った。介入から 1 分後に再度 30 秒の片脚立位課題を行い、重心軌跡を計測した。また、介入から 1 日以上間隔を空け、同じ手順で異なる介入を行い、各群における介入の効果を検討した。

結果および考察: 第 1 趾底屈筋のコンディショニング収縮後に前後方向の重心最大変位の減少が認められた。重心最大変位は重心動揺の大きさを表すため、第 1 趾底屈筋群は重心の大きな変位を抑えていると考えられた。第 2~第 5 趾底屈筋のコンディショニング収縮後に前後方向の重心動揺速度の減少が認められた。このことから、第 2~第 5 趾底屈筋群は重心動揺速度を制御していると考えられた。

筋線維の収縮速度は筋線維長に依存し、筋線維長は第 1 趾底屈筋群よりも第 2~第 5 趾底屈筋群で大きい。また、研究 2 より、第 1 趾底屈筋群は第 2~第 5 趾底屈筋群よりも大きな力を発揮可能であることが示されている。これらの結果から、第 1 趾底屈筋群は収縮速度が遅く、大きな力を発揮するのに適しており、身体重心が変位した際に機能することで重心の大きな変位を抑えていると考えられた。また、第 2~第 5 趾底屈筋群は筋収縮速度が速く、身体重心が大きく変位する前に機能することで重心動揺速度を制御していると考えられた。

【結論】

第 1 趾と第 2~第 5 趾の力発揮特性は異なり、第 1 趾における力発揮は足関節の角度変化の影響を受けやすく、足関節底屈位~中間位かつ MTP 関節背屈 45°, もしくは、足関節背屈位かつ MTP 関節背屈 15°以上でカー長さ関係の至適長となる。一方、第 2~第 5 趾における力発揮は足関節の角度変化の影響を受けにくく、足関節底屈位かつ MTP 関節背屈 45°, もしくは、足関節中間位~背屈位かつ MTP 関節背屈 15°以上でカー長さ関係の至適長となる。さらに、第 1 趾と第 2~第 5 趾の機能は異なり、片脚立位時、第 1 趾底屈筋は重心動揺の大きさに関与し、第 2~第 5 趾底屈筋は重心動揺の速度に関与する。