

Abstract of Doctoral Thesis

Title : Associations of the Morphological Profiles of Individual Plantar Intrinsic Foot Muscles with Foot Structure and Toe Flexor Strength

Doctoral Program in Sport and Health Science
Graduate School of Sport and Health Science
Ritsumeikan University

クサガワ ユウキ
KUSAGAWA Yuki

The general purpose of this thesis was to elucidate how the morphological profiles of individual plantar intrinsic foot muscles associate with foot structure and toe flexor strength (TFS). To this end, this thesis adopted approaches based on morphological parameters reflecting the contractile properties (Chapter 3) and based on the muscle size and its relation to foot structure and TFS (Chapters 4 and 5).

In Chapter 2, the morphological profiles of individual plantar intrinsic foot muscles were summarized as muscle volume (MV) and maximum anatomical cross-sectional area ($ACSA_{max}$).

In Chapter 3, K-means clustering analysis with the estimated physiological cross-sectional area and muscle fiber length as attributes classified the individual muscles into four clusters based on their contractile properties. Each cluster was suggested to be involved in maintaining the foot arch structure and producing TFS based on their own contractile properties.

In Chapter 4, while MVs of individual plantar intrinsic foot muscles were not significantly correlated with the medial longitudinal arch height, those of whole muscles, especially the muscles specialized in toe flexion were significantly correlated with width and circumferential parameters involved in forming transverse arches.

In Chapter 5, the size of the adductor hallucis oblique head was selected as a major contributor to TFS with a toe-gripping action (section 1). The significant association of TFS with a toe-pushing action (TPS) using all toes was only found with $ACSA_{max}$ of flexor hallucis brevis, whereas that of TPS using the great toe or lesser toes was not observed in any muscles (section 2).

The findings obtained here indicate that 1) plantar intrinsic foot muscles relate to forming transverse arches as a whole and 2) those with morphological profiles specialized in producing high force at a slow shortening velocity, primarily contribute to toe flexor strength, depending on the toe action for force production.

博士論文要旨

論文題名：個々の足底内在筋の形態的特徴と 足部構造および足趾屈曲筋力との関係

立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科
スポーツ健康科学専攻博士課程後期課程

クサガワ ユウキ
草川 祐生

本博士論文の目的は、個々の足底内在筋の形態学的特徴と足部構造および足趾屈曲筋力 (TFS) との関係を解明することであった。本論文では、筋の収縮特性を反映する形態情報に基づくアプローチ (第3章) ならびに筋サイズと足部構造および TFS との関係に基づくアプローチ (第4および5章) を組み合わせることで研究目的の達成を目指した。

第2章では、2つの筋サイズ：筋体積 (MV) と最大解剖学的断面積 (ACSA) を磁気共鳴画像法によって定量化することで、個々の足底内在筋の形態学的特徴を整理した。結果として、筋サイズだけでなく、足長に沿った ACSA 分布や最大 ACSA が観察される位置においても筋間差が観察されることが明らかとなった。

第3章において、第2章と屍体による既報の筋形態データを組み合わせて、生理学的筋断面積と筋線維長を推定し、それらを特徴量とした K-means クラスタリング解析により、収縮特性に基づいて足底内在筋を4つのクラスターに分類した。各クラスターの足部アーチ構造の保持または TFS 発揮に対する関与は、独自の収縮特性による可能性が示唆された。

第4章では、個々の足底内在筋の MV と三次元的な足部形態学的変数との関連性を検討した。その結果、内側縦アーチ指標と筋サイズとの有意な関連はいずれの筋においても見出すことができなかったものの、足底内在筋全体 (特に足趾屈曲を専門とする筋) の MV と前・後方横アーチ形成への関与が考えられる前足幅および周径変数との間に有意な相関関係が認められた。

第5章では、足趾把持動作によって発揮する TFS (足趾把持力) の決定因子として、母趾内転筋斜頭サイズのみが選択されることが明らかとなった。第2節では、全ての足趾を使用した押動作で発揮する TFS (足趾押力) は短母趾屈筋の最大 ACSA とのみ有意に相関するものの、母趾のみまたは母趾以外の4趾で発揮する足趾押力との有意な関係はいずれの筋においても認められないことが明らかとなった。

以上から、1) 足底内在筋サイズは内側縦アーチ高ではなく、むしろ横アーチ形成に関わる足幅および周径変数と有意に関連すること、ならびに2) 遅い短縮速度で大きな力発揮に特化したクラスターに分類される足底内在筋の筋サイズが TFS と有意に関連するものの、その主要な貢献筋は力発揮時の足趾運動に依存すること：足趾把持力生成には母趾内転筋斜頭が主要に寄与し、全ての足趾による足趾押力生成には短母趾屈筋のみが有意に関連することが明らかとなった。