

足部外側縦アーチの評価とその機能に関する研究

川村大地^{1、2)*}、小松尚²⁾、須藤勝信²⁾、成田光²⁾、梅崎泰侑¹⁾、高橋咲樹¹⁾、篠原博¹⁾

1) 青森県立保健大学大学院 健康科学研究科

2) 医療法人尚武会 小松整形外科スポーツクリニック

Key Words ①外側縦アーチ ②立方骨 ③超音波画像診断装置

I. はじめに

人の足部は26個の骨で構成され、内側縦アーチ (Medial Longitudinal Arch: MLA)、横アーチ、外側縦アーチ (Lateral Longitudinal Arch: LLA) の3種類のアーチを形成する。MLAは歩行やランニングに関する研究が進んでおり、舟状骨高などを用いた評価方法が確立されている。一方、LLAの評価方法は確立されておらず、X線画像診断やCineangiographyを用いた研究があるのみである。LLAの要石である立方骨は、臨床で「立方骨が落ちる」と表現されることや、第5中足骨疲労骨折や立方骨症候群と関連が深い、主観的・徒手の評価が主流であり、定量的な評価は難しいとされてきた。その理由は、LLAの要石となっている立方骨には骨の隆起が体表から観察および触診できないことや、アーチを形成する第5中足骨は骨の隆起があるものの、骨自体が地面に近い、といった2つの解剖学的特徴を持つことであると考えられる。しかし、近年、運動器理学療法分野では超音波画像診断装置 (UltraSound: US) を利用した画像評価の手法が多く開発されている。USは被爆の危険性もなく、触診できない深部の部位も描写することができる利点を有するため、LLAを正確に評価できると考えた。本研究では、LLAの要石である立方骨の高さをUSで測定し、X線画像診断装置との相関や信頼性を検証することを目的とした。これにより、LLAの定量的評価が可能となり、インソールの作成や運動療法の指標としての臨床的意義が期待される。さらに、足部バイオメカニクスの解明やスポーツ障害の研究発展にも寄与する可能性がある。

II. 研究方法

21名の大学生 (男性14名、女性7名) が参加した。急性の整形外科的疾患を有する者は除外した。測定は3日間にわたり実施され、1日目にX線画像診断装置、2日目に1名の理学療法士 (D.K)、3日目に2名の理学療法士 (D.K、Y.U) がUSで立方骨高を測定した。

X線画像診断装置による測定はGwaniらの方法を参考に、右足部外側を撮像し、立方骨高を起立台の上端から立方骨の最下端までの距離と定義した (図1)。誤差軽減のため、各画像から3回測定し、平均値を代表値とした。US測定では、10MHzのリニア型プローブを用い、X線画像診断装置による測定と同様の条件で右足部の立方骨を足底面から撮像した。測定の信頼性確保のため、特製の測定台を使用し (図2)、プローブの角度や圧を一定に保った。USでの立方骨高は、塩化ビニール板から立方骨までの最短距離と定義し (図3)、同様に3回測定し平均値を代表値とした。2週間後に再測定を行い、検者間信頼性を評価した。

統計解析にはRコマンダー4.3.2を用い、X線画像診断装置とUSの測定値の妥当性をPearsonの相関係数で検証し、有意な相関が認められた場合、Bland-Altman分析を実施した。また、測定

* 連絡先: 〒030-8505 青森市浜館間瀬 58-1 E-mail: 2391005@ms.auhw.ac.jp

の信頼性を確認するために級内相関係数 (ICC) を算出し、検者内・検者間信頼性を評価した。ICC の判定基準として、0.81 以上を almost perfect と判断した。



図 1 : X 線画像診断装置での立方骨高の算出

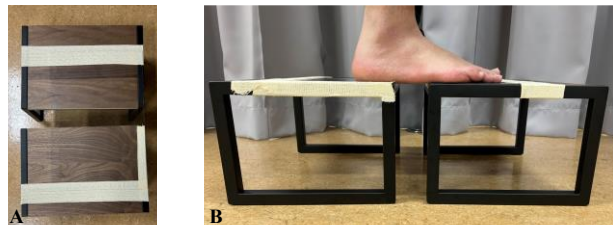


図 2 : A : 高さ 20 cm の台の 2 つの間に 6 cm を開けて塩化ビニール板を配置している。

B : 実際に起立台に上った際の側面写真であり、2 つの台の間からプローブを挿入して測定を行った。



図 3 : 超音波画像診断装置での立方骨高の算出

Ⅲ. 結果

21 名の X 線画像診断装置による立方骨高の平均値±標準偏差は $18.51 \pm 3.97\text{mm}$ であった。US (D. K1 日目) による立方骨高の平均値±標準偏差は $17.78 \pm 3.89\text{mm}$ であった。US (D. K2 日目) による立方骨高の平均値±標準偏差は $17.90 \pm 3.82\text{mm}$ であった。US (Y. U) による立方骨高の平均値±標準偏差は $17.96 \pm 3.69\text{mm}$ であった。

X 線画像診断装置の立方骨高と US の立方骨高では相関係数 0.98 の有意に高い相関を認めた ($p < 0.01$ 、図 4)。Bland-Altman 分析では、X 線画像診断装置に対して US での立方骨高は固定誤差の平均値 -0.71mm (95%信頼区間; $-0.96\text{mm} - -0.46\text{mm}$) が存在した ($p < 0.01$)。比例誤差については、 $r = 0.25$ であり、有意ではなかった ($p = 0.92$)。

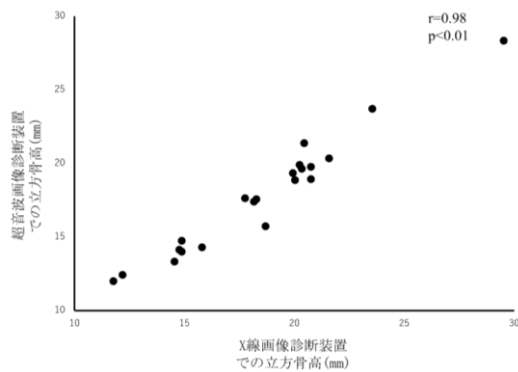


図 4：X 線画像診断装置の立方骨高と超音波画像診断装置の立方骨高の相関図

表 1 に US で測定した立方骨高の級内相関係数 (1. 1)、(2. 1) および 95%信頼区間と標準誤差を示す。検者内信頼性は ICC (1. 1) が 0. 98 で Almost Perfect であった。検者間信頼性は ICC (2. 1) が 0. 99 で Almost Perfect であった。

表 1：超音波画像診断装置で測定した立方骨高の級内相関係数

	ICC (1. 1)	95%信頼区間		標準誤差 (mm)	ICC (2. 1)	95%信頼区間		標準誤差 (mm)
		下限	上限			下限	上限	
立方骨高	0. 98	0. 97	0. 99	0. 52	0. 99	0. 97	0. 99	0. 41

ICC; Intraclass Correlation Coefficients

IV. 考察

本研究の目的は、X 線画像診断装置と US で測定した立方骨高の相関を確認すること、および US の検者内・検者間信頼性を検証することであった。結果、X 線と US の相関係数は 0. 98 と強い相関を示し、US での測定値は X 線より平均 0. 71mm 小さいことが明らかになった。この誤差の要因として、測定方向の違いが考えられるが、1mm 未満の誤差であり、US は X 線の代替として立方骨測定に有用と考えられる。

また、US の検者内信頼性 (ICC=0. 98)、検者間信頼性 (ICC=0. 99) はともに Almost Perfect と判定され、特製の測定台が測定誤差を抑える要因となった。US はリアルタイム観察が可能だが、プローブの角度や圧力が誤差の原因となるため、測定台による一定化が信頼性向上に寄与したと考えられる。

V. 発表

・ Development of a Lateral Longitudinal Arch Evaluation Method for the Foot Using Ultrasonography: Validation with Radiography and Verification of Intra- and Inter rater Reliability. Journal of Foot and Ankle Research Vol. 18 (1) 2025
(<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11856052/>)

・ 足部外側縦アーチの評価方法開発に関する現状の課題と進捗状況 日本ヒューマンケア科学学会第 17 回学術集会 2024