

# 荷重時背底X線像における母趾基節骨回内評価法の考案

奈良県立医科大学整形外科学教室

阪本達哉, 田中康仁, 秋山晃一  
片岡弘行, 河口泰之, 高倉義典

奈良県立医科大学医学部第一解剖学教室

東野義之

## NEW RADIOGRAPHIC EVALUATION OF HALLUCAL ROTATION IN HALLUX VALGUS

TATSUYA SAKAMOTO, YASUHIITO TANAKA, KOICHI AKIYAMA,  
HIROYUKI KATAOKA, YASUYUKI KAWAGUCHI and YOSHINORI TAKAKURA

*Department of Orthopaedic Surgery, Nara Medical University*

YOSHIYUKI TOHNO

*1st Department of Anatomy, Nara Medical University*

Received June 9, 2008

*Abstract* : The purpose of this study was to establish a new method for quantifying the amount of hallucal rotation on weight-bearing dorsoplantar radiographs and to explore the relationships between hallucal rotation and hallux valgus deformity.

*Methods*: Anatomical features that enable assessment of the first proximal phalanx rotation were identified at the medial tubercle of its proximal articular surface. A Rotation Index ( $A/B \times 100\%$  : RI) was defined as the distance between the tip of the medial tubercle and the long axis (A), and the distance between the most medial and lateral edges of the proximal articular surface (B). The data were analyzed using a single regression analysis to investigate the relation between the value of the RI and the first proximal phalanx rotation (PRA). Using this single regression equation, the value of PRA was calculated from the RI on each dorsoplantar radiograph. Measurements were made of 78 feet of 48 female patients with symptomatic hallux valgus. As a control, 58 normal feet of 46 female subjects were also examined. A Pearson correlation coefficient was used to evaluate the relationship between the PRA and the hallux valgus angle (HVA).

*Results*: A trend of decreasing RI with increasing pronation was observed, and the relationship was approximately linear. At a pronation of 10 degrees, an average change in the magnitude of the RI of 6.06% was observed. The mean value of the first proximal phalanx rotation angle was  $8.5^\circ$  in the control group and  $27.7^\circ$  in the hallux valgus group. We found that there was a high correlation between the amount of the first proximal phalanx rotation angle and the hallux valgus angle. The regression coefficient was 0.68.

*Conclusions*: We conclude that the RI is reliable and useful for accurately assessing the hallucal rotation under the weightbearing condition

**Key words :** hallucal rotaion, radiographic analysis, hallux valgus, dorsoplantar radiograph

## はじめに

外反母趾とは母趾がMTP関節で外反・内旋した変形であり、成人の前足部有病性疾患のなかで最もよく遭遇する疾患のひとつである。外反母趾の主訴は母趾MTP関節内側の肥厚した関節包や滑液包炎による疼痛であることが多いが、痛みのおこる部位は様々である。母趾の回内変形をとまなう中等度から高度の外反母趾症例では、背側趾神経がより内側に位置するようになり体重負荷時に圧迫されて痛みを生じる<sup>1)</sup>。このような痛みに対する治療を成功させるためには、母趾基節骨回内変形を的確に評価し矯正する必要があると考えられる。

現在まで諸家により、母趾回内変形に対しさまざまな評価、測定がなされてきた。1995年、正岡<sup>2)</sup>らは母趾基節骨軸写像から、1997年、TalbotとSaltzman<sup>3)</sup>は荷重時足部軸写像から母趾回内角度を測定し報告している。しかし、これら過去の報告はいずれも軸写像を用いた計測であり、われわれが日常診療で一般的に用いる荷重時

足部背底X線像より母趾回内変形を評価した報告はみあたらない。背底X線像を用いた母趾回内評価法を考案することができれば、より簡便に母趾回内角度を計測することが可能となり今後の外反母趾治療にとっても有用な指標となりうると考えられる。本論文の目的は、荷重時足部背底X線像を用いた母趾回内評価法を考案することである。

## 解剖学的研究：

### 【対象】

学生解剖実習屍体7例より採取した明らかな関節症性変形や足部手術歴が認められない母趾基節骨10趾を対象とした。右5趾、左5趾で、男性4例、女性3例、平均年齢は82.4歳(59歳～96歳)、母趾基節骨長の平均は、24.5mm(19.5mm～28mm)、基節骨横径は、平均11.7mm(8mm～15mm)であった。

### 【方法】

われわれが渉猟し得た範囲内では、3次元での基節骨

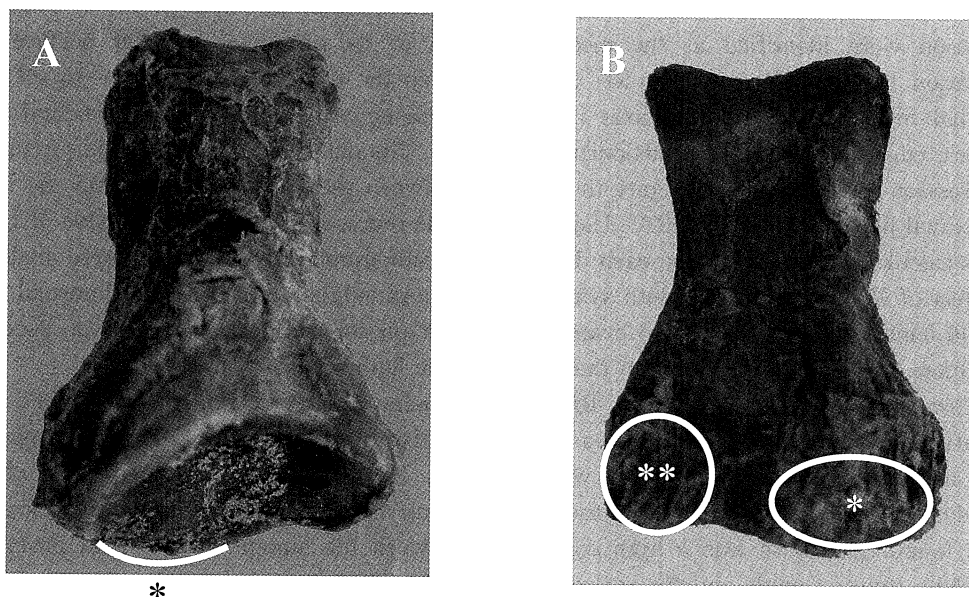


Fig. 1. Proximal phalanx of the big toe. (A) Dorsal aspect. (B) Plantar aspect.

(\*medial tubercle for insertion of tendons of medial head of flexor hallucis brevis and abductor hallucis.

\*\*lateral tubercle for insertion of tendons of of lateral head of flexor hallucis brevis and adductor hallucis.)

軸を定義した報告はみあたらない。母趾基節骨を肉眼的に観察すると、中足骨頭と蝶番関節をなす近位関節面は卵形・凹状を呈し、遠位は平らで底側方向に滑車状に広がる関節面を有する<sup>4)</sup>(Fig. 1)。このような関節面の形状と基節骨回旋運動をてらしあわせてみると、近位関節面では最陥凹部が、遠位関節面では内側顆と外側顆に挟まれた陥凹部中央が基節骨回旋運動の基点とするのがもっとも適当であると考えられた。そこでわれわれは、基節骨の回旋運動軸、すなわち3次元での基節骨軸をこれらの2点を結ぶ直線と定義した。

基節骨回旋運動を評価するにあたり、われわれは独自に母趾基節骨回旋装置を作製した。本回旋装置はその垂直面に1°きざみで測定可能な分度器を備え、キルシュナー鋼線固定部での回旋運動が可能である(Fig. 2)。採取した母趾基節骨周囲の軟部組織を可及的に除去した後、母趾基節骨近位関節面最陥凹部から遠位関節面内側顆と外側顆に挟まれた陥凹部中央にむけて径0.8mmのキルシュナー鋼線を刺入、貫通させた。この操作を全10趾に施行した後、以下の評価を加えた。

母趾基節骨近位関節面底部には、内外側にそれぞれ内側結節、外側結節と呼ばれる2つの結節が存在する(Fig.

1)。基節骨を水平面上に設置した場合、この両結節と遠位関節面底部の3点で安定することから、われわれはこの状態を基節骨内外旋0°と定義した。キルシュナー鋼線を回転軸、水平面を基準線とし内外旋0°の状態から60°まで10°刻みに回内させ、各回内位における背底X線像を撮影した。撮影は乳房撮影装置を用いておこなった。撮影段階での不統一から生じる誤差を少なくするため、撮影条件は統一し1人の検者によりすべての撮影をおこなった。0°、20°、40°、60°と回内角度が増加するに従い近位関節面底部に位置する内側結節が内側から外側に移動することに注目し(Fig. 3)、この結節を指標とした背底X線像における基節骨回内角度評価法を考案した。

#### 【X線学的評価法】

撮影した背底X線像をコンピューター上に取り込み、キルシュナー鋼線と近位関節面の交点を原点、キルシュナー鋼線をY軸とする2次元座標系を構築した<sup>5)</sup>。遠位および内側をそれぞれX軸、Y軸の正の方向とし、近位関節面内側結節先端からY軸におろした垂線の距離(A)をX軸と基節骨内側骨皮質との交点とX軸と基節骨外側骨皮質との交点との距離(B)にて除して得られた値(A/B×100%)を母趾基節骨の回内指標(Rotation Index : RI)として求めた(Fig. 4)。

RIの計測は、著者を含めた計3名の整形外科専門医により施行した。各回内角度におけるRIについてはStudent's t-testを、検者間計測値の信頼性についてはPearson検定を用いて統計学的評価をおこなった。

上記により得られたRIと基節骨回内角度との相関について回帰分析をおこない検討した。

#### 【結果】

各回内角度におけるRIは、0°:26.5±6.2 (Mean±SD)、10°:21.2±6.39、20°:15±6.39、30°:9.84±6.51、40°:3.88±4.52、50°:-2.82±4.53、60°:-9.84±5.06であった。回内角度の増加に伴いRIはほぼ直線的に減少し、基節骨回内角度が10°増加するのに伴いRIは平均で6.06%減少した。各基節骨回内角度から算出されたRIはすべての回内角度間において統計学的に有意差が認められた。

RI(X)と基節骨回内角度(Y)との単回帰式は、 $Y = -1.38 \times X + 42.6$ であった。相関係数が0.83であり両者間に強い負の相関認められた(Fig. 5)。検者間計測値の信頼性は $\gamma = 0.97$ であり、本計測方法の高い再現性が認められた。

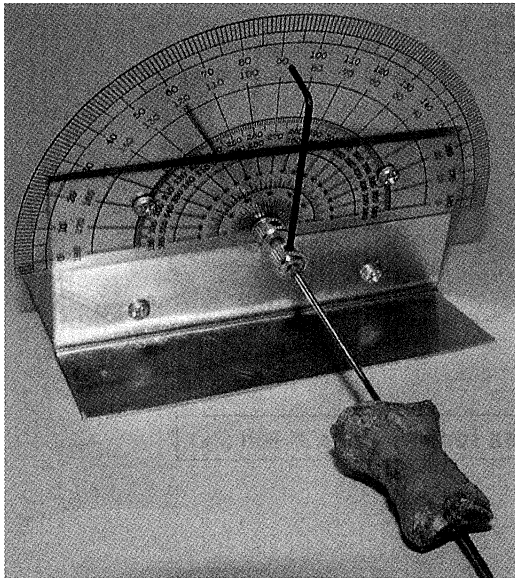


Fig. 2. Photograph of a rotation apparatus of the first proximal phalanx

A protractor apparatus allowed rotational control of the first proximal phalanx. The angle of inclination was maintained constant. The amount of the first proximal phalanx rotation was sequentially increased by 10° increments from the neutral position to 60° of pronation.

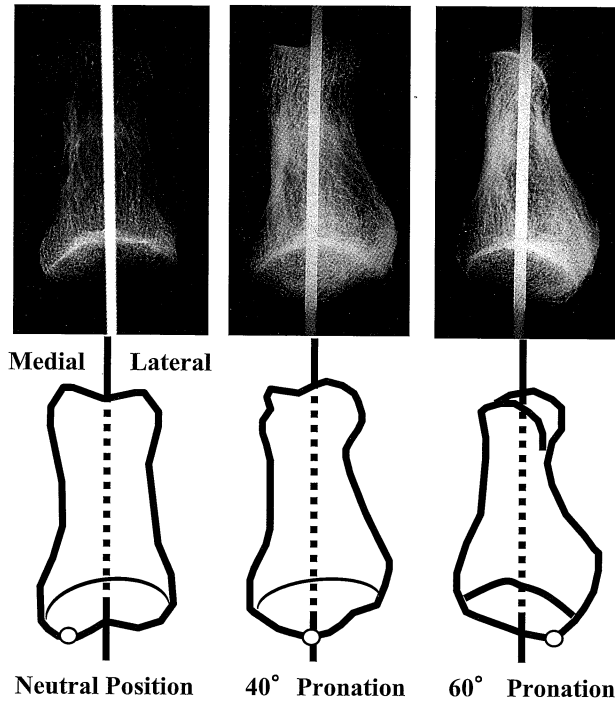


Fig. 3. Dorsoplantar radiographs and schema of each first proximal phalanx at 0°, 40° and 60° pronation angles. Anatomical features that enable assessment of its pronation were identified at the medial tubercle of its proximal articular surface.

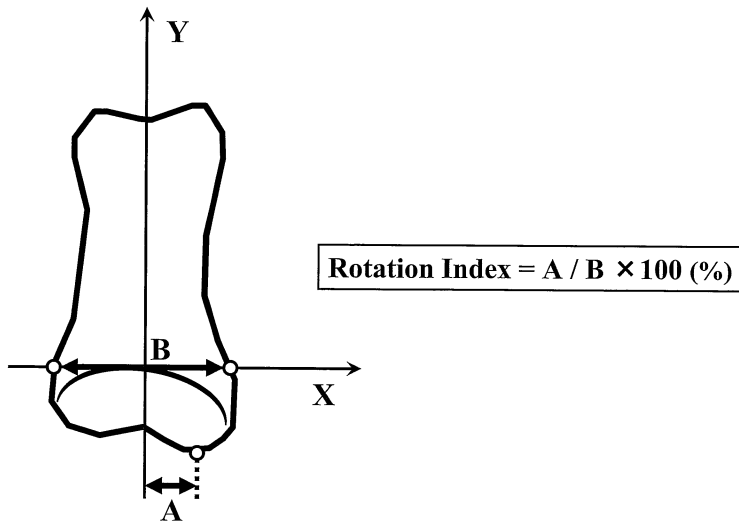


Fig. 4. A value of Rotation Index ( $A/B \times 100\%$ ) defined as the rate of the X coordinate values of the tips of the medial tubercles (A) and the distance between the most medial and lateral points of intersection of its epiphysis and X-axis (B)

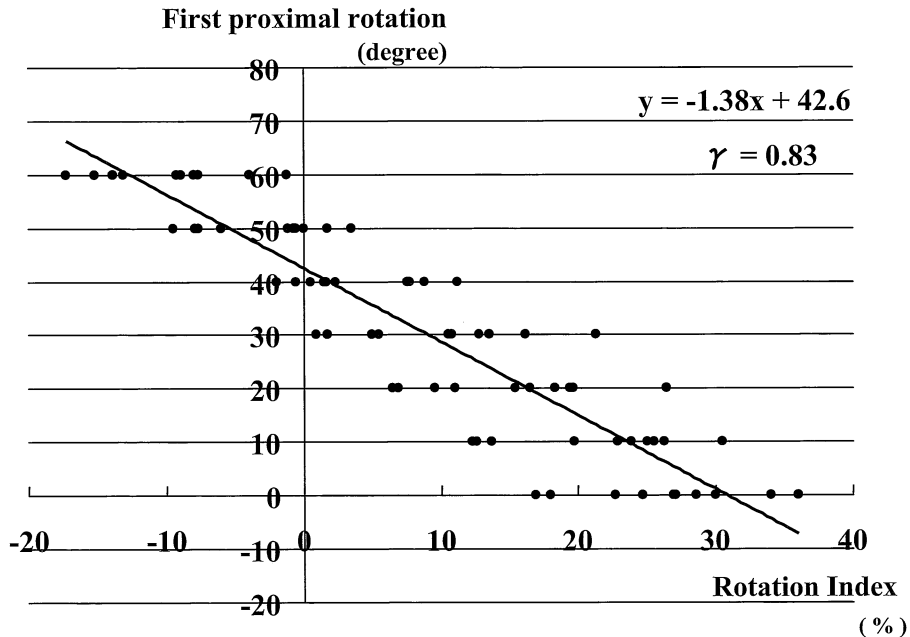


Fig. 5. Correlation between First proximal phalanx rotation angle and Rotation index. The correlation between the rotation angle of the first proximal phalanx and the rotation index was statistically significant ( $\gamma = 0.83$ ,  $p < 0.0001$ ).

## 臨床研究：

### 【対象】

2000年から2004年までの期間に当科にて外反母趾手術を施行した外反母趾症例48例、78足(外反母趾群)と、本研究の内容を理解し同意が得られた健常成人のボランティア46例、58足(健常群)を対象とした。健常群では全例において、足部に扁平足などの変形や愁訴は認められなかった。外反母趾群、健常群とも全例女性であり、平均年齢はそれぞれ54歳(11歳～78歳)、40歳(14歳～78歳)であった。

### 【方法】

X線学的評価には、荷重時足部背底X線像を用いた。撮影は統一した手技でおこない、X線管球とフィルム間距離は1mとし15°前方よりChopart関節へむけ照射した。得られた背底X線像から外反母趾角およびRIを測定し、さらに、解剖学的研究にて得られたRIと基節骨回内角度との単回帰式を用いて、各症例における基節骨回内角度を算出した。この結果をもとに、すべての症例における外反母趾角と回内角度との相関について回帰分析をおこない検討をくわえた。

### 【結果】

1. 外反母趾症例、健常例における母趾基節骨回内角度(Table 1)

外反母趾症例、健常例における母趾基節骨の平均回内角度は、各々  $37.1 \pm 9.3^\circ$  (Mean  $\pm$  SD),  $11.2 \pm 6.5^\circ$  であった。外反母趾症例では健常例と比較し、母趾基節骨が有意に回内しているのが認められた。

2. 外反母趾角と母趾基節骨回内角度との相関(Fig. 6)

外反母趾症例、健常例における外反母趾角の平均は、各々  $27.7 \pm 13.1^\circ$  (Mean  $\pm$  SD),  $8.5 \pm 5.5^\circ$  であった。外反母趾角が大きい症例ほど母趾基節骨の回内角度は大きく、両者間には正の相関が認められた( $\gamma = 0.68$ )。

## 考 察

母趾基節骨底側には、内在筋である短母趾屈筋、母趾外転筋および母趾内転筋が停止している。このため母趾の外反変形の進行にともない母趾内転筋の緊張が強まり、母趾は外反変形にくわえ回内変形をきたす<sup>6)</sup>。1960年、Piggott<sup>7)</sup>は、外反母趾症例215足中52足(24.2%)において5°から45°程度の母趾回内変形が認められたと報告している。X線学的評価法としては、1995年、正岡<sup>2)</sup>らが外反母趾症例、健常例の足部軸写像から基節骨回内角度を測定し、外反母趾症例、健常例における平均回内角

Table 1. Radiographic Values for First Proximal Rotation

	Control group	Hallux valgus group
Subjects	58 feet of 46 patients	78 feet of 48 patients
Mean hallux valgus angle	11.2° (SD=6.5° ) <sup>a</sup>	37.1° (SD=9.3° )
Mean first proximal phalanx rotation angle	8.5° (SD=5.5° )	27.7° (SD=13.1° )

<sup>a</sup>SD, standard deviation.

**First proximal rotation**

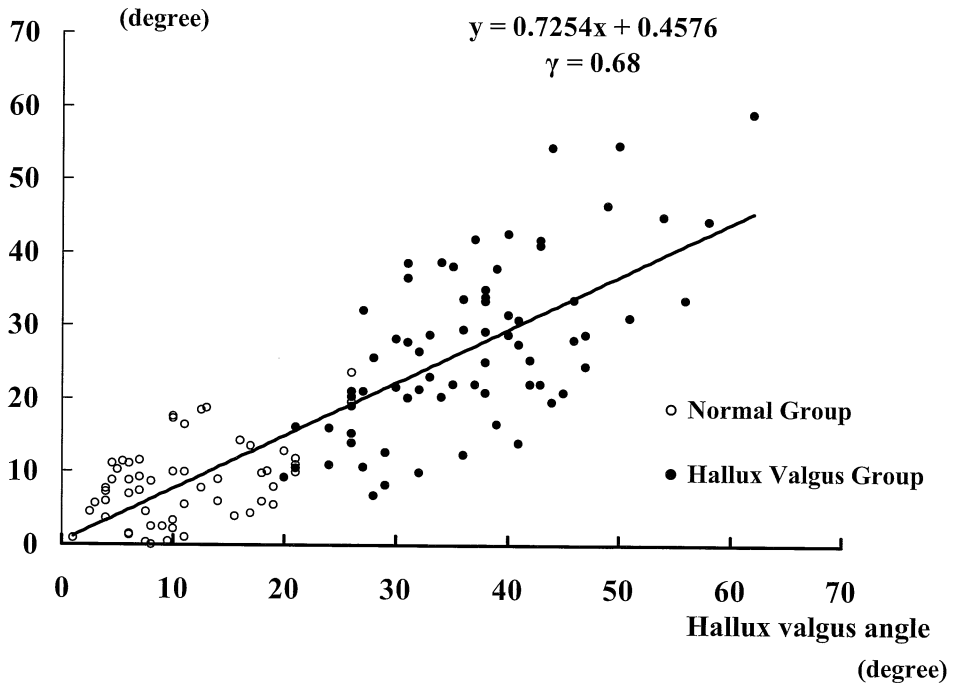


Fig. 6. Correlation between First proximal phalanx rotation angle and Hallux valgus angle. The correlation between the rotation angle of the first proximal phalanx and the hallux valgus angle was statistically significant ( $\gamma = 0.68, p < 0.0001$ ).

度はそれぞれ、20.7°、5.4°であり、外反母趾では健常趾より有意に回内していたと報告している。また1997年、TalbotとSaltzman<sup>3)</sup>は、爪半月の内外側縁に小さなビーズを設置した状態で撮影した荷重時足部軸写像より、2

つのビーズを結んだ直線と荷重面とのなす角度を基節骨回内角度として測定した。外反母趾症例、健常例における平均回内角度はそれぞれ、19°、7.2°であったと報告している。しかし、これらの報告はいずれも足部軸写像を

用いた計測であり荷重時足部背底X線像を用いた報告ではない。

外反母趾の病態を診断する基本となるX線撮影法は、荷重時足部背底X線像であり日常の診療でも最も一般的に用いられる。そこで、われわれは本研究において、荷重時足部背底X線像を用いた新しい基節骨回内評価法を考案した。本研究により得られた基節骨回内角度は、外反母趾症例では平均37.1°、健常例では平均11.2°であり、いずれも足部軸写像から測定された過去の報告より大きな値を示した。この結果を支持する報告として2005年のYildirim<sup>9)</sup>らの報告があげられる。彼らは、足部軸写像撮影時の母趾の背屈が種子骨偏位に与える影響について調査し、母趾背屈角度が増加するのに伴い偏位した種子骨は整復位に近づくことと報告した。母趾MTP関節部には、母趾外転筋、短母趾屈筋、母趾内転筋、底側板および2つの種子骨から構成される種子骨複合体と呼ばれる構造体が存在し、底側板を介して基節骨底側に停止しているため、足部軸写像撮影時には母趾の背屈により種子骨にくわえ基節骨も整復位に近づくこととなる。すなわち、基節骨回内角度は、母趾が背屈位をとる軸写像から測定された値よりも中間位となる背底像から得られた値のほうが大きく、背底像から得られた値がより荷重時での母趾回内変形を反映した値であるといえる。

また、1951年、HardyとClapham<sup>9)</sup>は、母趾回内変形と外反母趾角との関係について、母趾回内変形が認められた症例の外反母趾角の平均が35.8°であったのに対して、認められなかった症例の平均は18.5°であり両者には統計学的に非常に高い有意差が認められたと報告している。われわれも本研究において、軽度、中等度の外反母趾症例においても基節骨はわずかながら回内変形をきたしており、外反母趾角が大きい症例ほど母趾基節骨の回内角度は大きく両者間には強い正の相関が認められることを確認した。

本計測法の限界として、年長例や関節リウマチを合併する症例では母趾MTP関節に変性変化や関節の破壊を伴うことが多く、内側結節の同定や近位関節面の測定に難渋することが予想される。これらの症例においては本法での測定が困難であるため、従来の母趾軸写像を用い

た評価が必要であると思われる<sup>2), 3)</sup>。しかし、本法の最大の利点は足部疾患の診断に欠くことのできない荷重時足部背底X線像から母趾基節骨の回内程度を評価し得ることであり、この点において本法は有用な評価方法であると考えられる。

## 文 献

- 1) 鈴木 良平, 平野 徹: 外反母趾の疼痛と靴. 靴の医学 **8**: 96-100, 1994.
- 2) 正岡 悟, 城戸 正博: 母趾外反変形に伴う母趾列回旋のX線学的検討. 日本足の外科学会雑誌 **16**: 153-158, 1995.
- 3) Talbot, K. D. and Saltzman, C. L.: Hallucal rotation: a method of measurement and relationship to bunion deformity. Foot Ankle Int. **18**: 550-556, 1997.
- 4) Shahan, K. S.: Anatomy of the foot and ankle. 2nd edition., J. B. Lippincott Company, : pp. 86-88, 1993.
- 5) Tanaka, Y., Takakura, Y., Kumai, T., Samoto, N. and Tamai, S.: Radiographic analysis of hallux valgus. A two-dimensional coordinate system. J. Bone Joint Surg[Am] **77-A**: 205-213, 1995.
- 6) Coughlin, M. J.: Hallux valgus: an instructional course lecture, the American Academy of Orthopaedic Surgeons. J. Bone Joint Surg. **78A**: 932-966, 1996.
- 7) Piggott, H.: The natural history of hallux valgus in adolescence and early adult life. J. Bone Joint Surg. **42B**: 749-760, 1960.
- 8) Yildirim, Y. et al.: Effect of metatarsophalangeal joint position on the reliability of the tangential sesamoid view in determining sesamoid position. Foot Ankle Int. **26**: 247-250, 2005.
- 9) Hardy, R.H. and Clapham, J. C. R.: Observations on hallux valgus. J. Bone Joint Surg[Br] **33-B**: 376-391, 1951.