

踵骨傾斜角画像解析と足圧データを用いた骨変形早期発見手法

Screening method for detecting bone deformation using foot pressure distribution and calcaneus's slope obtained by image analysis

○ 櫻井暁洋 大矢哲也(東京電機大学) 山下和彦(東京医療保健大学)

小山裕徳 川澄正史(東京電機大学)

Akihiro SAKURAI, Tetsuya OHYA, Tokyo Denki University

Kazuhiko YAMASHITA, Tokyo Healthcare University

Hironori KOYAMA and Masashi KAWASUMI, Tokyo Denki University

Abstract: Recently, the gait disorder that originates in foot region abnormality such as knock-knees, bow-legs, flat-foots and loss of arch becomes a social problem. Leaving of the foot region abnormality might change into the serious symptom, such as of the skeletal deformity and hallux valgus. However, the technique for detecting the foot region abnormality at the early stage has not been established. We take the backward picture of the heel of the standing position. In the image analysis, we focused on the calcaneus angle of inclination and the lower thigh angle of inclination. In this paper, the relation between the picture and the foot pressure distribution is investigated to find out the feature that is useful to detect the bone deformation

Key Words: Calcaneus Angle, Image Analyze, Foot Pressure Distribution

1. はじめに

極度のX脚O脚,土踏まずの喪失,足部アーチの乱れなどの足部の異状を放置することで外反母趾や骨格変形などの重大な症状に発展する⁽¹⁾. これらを未然に防ぐために, X線検査を用いることで, 足部の異状を発見し, 対処している. しかし, X線検査には専用の装置が必要なため, 設備や時間が制限される. さらに被験者に対して放射線的な危険にさらす可能性があるなど問題も多い. そこで本研究では後方下腿および踵部の体表画像をカメラで撮影し, 踵骨傾斜角をはじめとした踵部および下腿の角度の画像解析によって足部の異状を発見する簡易的手法の検討を目的とした. 今回は, 踵骨傾斜角および下腿形状と足圧分布の関連性を検討し, 足圧分布データから判断される足部異状について, 後方踵部画像で簡易的な判断が可能か検討した.

2. 撮影環境の検討

2-1 計測箇所

撮影環境として, 画像解析における撮影および解析箇所について適当な条件および部位を検討した.

今回は立位静止時の足部を撮影するため, 体重が大きな負荷となる箇所が足圧との関連が強いと考えた. また, 足部のアライメントの評価箇所として, 踵骨傾斜角, 下腿傾斜角, Leg-Heel Angle 以下 LHA の角度を解析箇所とした. 理由として, 踵骨は立位静止時に人の全体重を支えている箇所であり, 歩く際の要でありながら大きく負担をかけている箇所である. 踵骨の異状を疼痛などの自覚症状が引き起こされる前に検知することで, 歩行障害など重篤な症状への発展を未然に防ぐ可能性があると考え, 下腿から踵骨までの角度とした. 角度解析は膝蓋骨裏面の中点を始点として, 脛骨長軸, 踵骨中点と床の接地面を計測ラインと定義し, それぞれ計測ラインと踵骨最隆部中線のなす角を踵骨傾斜角⁽²⁾, 距骨中線のなす角を下腿傾斜角, 下腿と踵骨の接地面を結んだ角を LHA とした. LHA は, 扁平足, 凹足の診断指標として用いられている. Fig.1 に左足の計測モデルを示す. それぞれ α が踵骨傾斜角, β が下腿傾斜角, γ が

LHA を示している.

2-2 撮影条件

デジタルカメラで撮影した画像は, 撮影時の距離や高さなどの要素が含まれており, 画像解析で算出される結果に影響を与える可能性がある. これらをノイズという. 本研究では, 影響の小さなノイズは無視し, 影響の大きなノイズについては, 画像補正が可能かを検討し, より簡便な撮影条件を検討する.

デジタルカメラでの撮影において, ノイズとなりうる条件の調査, 影響の検討および最適な撮影条件の策定を目的とし, 撮影環境の検討を行った. 検討する条件は撮影時の距離 10cm~40cm, 高さ 0cm~30cm, ファインダの向き $\pm 10^\circ$, カメラの傾き $\pm 20^\circ$, 角度解析用マーカの有無である. それぞれの条件で撮影した画像を用意し, 生体・医用画像解析ソフトウェアである ImageJ を利用し, 解析結果に影響があるかを検討した. 下腿の角度は, 垂直から ± 7 度までが正常値のため⁽³⁾, 解析結果への影響 7 度以下を小さなノイズと定義した⁽³⁾. 被験者は 20 代の健全な男性 3 名とした. なお, 以下すべての実験において倫理的配慮として事前に実験内容と注意点を説明し, 被験者の同意を得た.

2-3 実験結果

Fig.2, Fig.3 に同一被験者の傾斜撮影画像と水平撮影画像を示す. 実線が脛骨長軸, 点線が角度基準物とその延長線を示したラインである. 結果, 解析箇所が画像内に収まっていれば, カメラの傾き以外の 4 条件は解析結果への影響が 3 度以下に収まる. そのため, それらは小さなノイズであると言えた.

また, カメラの傾きに関しては, 解析画像内にあらかじめ角度を計測した物体角度基準物を収めて撮影することでその傾きを解析し, 画像全体の傾きをコンピュータ上で補正可能であることが確認された. そのため, カメラを水平で固定するか, 角度基準物を画像内に収めることが求められる. また, 計測箇所を画像内に収めるため, 撮影は後方 40cm, 高さ 15cm 程度からカメラを固定し, 行うことが望ましいと示された.

3. 実計測

撮影環境の検討結果から、後方 40cm から三脚を用いてカメラを高さ 18cm で水平に固定し撮影を行った。被験者はやや虚弱な高齢者 14 名とした。床に白色のポリエチレンシートを敷き、その上にドラフティングテープを貼付し、立位位置を示した。被験者には最も自然な足幅を取るように口頭で指示した。静止画の撮影には、市販の Nikon 製デジタルカメラを使用し、画像の解像度は 4608×3456[pixel]とした。足圧データの取得には Midi Captures 社製の Twin99 を用い、開眼で 45 秒間の立位静止状態のデータを取得した。

4. 解析結果

Table1,2 に解析した角度の平均を、Fig.4 に左足の代表的な足圧分布を示す。それぞれ、(a)正常、(b)前足部アーチの低下、(c)浮き指の足圧分布である。なお、足圧分布については左右間で大きな違いが見られなかったため、左足のみ提示する。これら、3 群に分類した画像から得られた角度について、平均値を算出し、比較を行った。画像角度を検討したところ、異常値は見られなかった。一方で足圧分布と合わせると、浮き指の被験者は左右問わず正常値よりも全ての角度が大きい傾向が見られた。前足部アーチの低下については、左右共に、LHA が正常値よりも大きい傾向が見られた。

5. 考察

浮き指の被験者は本来指を付き前方で支えるべき荷重が後方となるため、より大きく下腿傾斜が起こるのではないかと考える。LHA が前足部アーチの低下群で大きい事については、LHA は縦アーチを原因とする偏平足、凹足の判断に用いられることから、前足部アーチの低下についても関連があるのではと考える。また、今回実験時には被験者の負担を考え、足幅を指定しなかった。そのため、被験者によってつま先の向きが異なっていた。今後は足幅を肩幅で統一させることで、より正確な比較を行えるように検討している。また、今回計測した角度がすべて正常値内であったことから、計測方法、部位を検討し再計測を行う。

6. おわりに

本研究は、簡易的で安全な骨変形の早期発見手法構築の基礎検討として、後方からの画像解析と足圧分布の関連を検討した。結果、解析角度による足部異状の鑑別は行えなかったが、浮き指と前足部アーチの低下について特定の角度が大きい傾向が見られた。今後は計測部位を増やし、より正確な関連を調査する。画像解析を自動で行うプログラムの構築を行う。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 23300213, 24500658 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 田中 則子ほか、前足部横アーチの機能評価の試み、電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティクス Vol. 110, No. 226, pp. 13-16, 2010.
- (2) 林 雄祐ほか、踵部マルアライメントに対するテーピングの有効性、第 29 回東京都柔道接骨学会抄録集, p. 30, 2010.
- (3) 紺野慎一ほか、運動器の計測線・計測値ハンドブック、南江堂出版, p. 418, 2012.

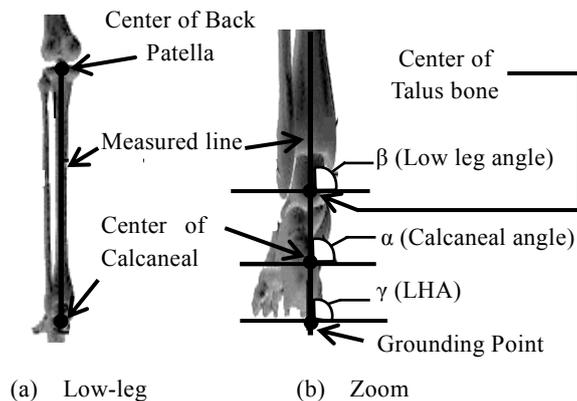


Fig. 1 Left Analyzed Model

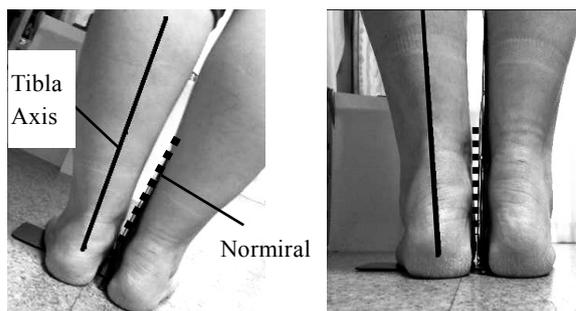


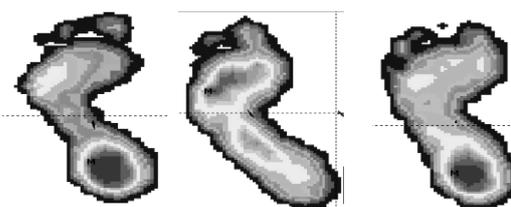
Fig. 2 Sloped Picture Fig. 3 Horizontal Picture

Table 1 Right Angle Average

	Right Angle Average		mean±S.D.
	Calcaneal Angle[deg]	Low leg Angle[deg]	LHA[deg]
Normality	94.12±3.63	92.53±5.63	91.97±4.93
Compresses arch	92.26±1.03	94.41±2.15	93.72±1.41
Float finger	96.31±3.15	94.15±0.83	95.21±0.78

Table 2 Left Angle Average

	Left Angle Average		mean±S.D.
	Calcaneal Angle[deg]	Low leg Angle[deg]	LHA[deg]
Normality	85.73±3.38	85.16±2.01	86.07±1.72
Compresses arch	87.49±1.22	84.94±1.40	86.71±1.05
Float finger	86.40±1.29	85.89±0.76	86.28±1.13



(a) Normality (b) Compresses arch (c) Float Finger

Fig. 4 Foot Pressure Distribution