

MRI を用いた先天性内反足における Ponseti 法治療後の 足根骨 3 次元解析—距骨舟状骨を中心に—

大 槻 大¹⁾・吉 田 清 志¹⁾・浜 野 大 輔¹⁾
吉 川 秀 樹¹⁾・菅 本 一 臣²⁾

1) 大阪大学 整形外科

2) 大阪大学 運動器バイオマテリアル学

要 旨 先天性内反足に対して Ponseti 法は広く普及しているが、再治療を要する症例が存在している。その原因として、変形の再発や初期治療終了後の遺残変形などが指摘されている。今回、我々は Ponseti 法治療後の MRI 画像から単純 X 線で描出できない足根骨を 3 次元構築し、解析した。対象は片側先天性内反足患者の 12 足(健常足 6 足, 罹患足 6 足)。Ponseti 法での治療終了 3 か月後に両下肢単純 MRI を施行し、足根骨 3 次元骨軟骨サーフェスモデルを作成した。距骨頸部形態と距骨・舟状骨位置関係を 3 次元解析ソフトにて解析した。距骨頸部が強く外転している症例では、舟状骨は内転方向に位置しており、逆に距骨頸部が強く内転している症例では、舟状骨は外転方向に位置していた。距骨頸部の形態によって、距舟関節面の適合性が悪くなっている可能性があると考えられた。今後、遺残変形などとの関連を調査していく必要がある。

はじめに

先天性内反足に対する Ponseti 法は、本邦で 1990 年代に導入され、その良好な初期矯正率と長期治療成績²⁾³⁾から 2000 年以降多くの施設で普及している。しかし、その一方で諸家の報告では 3~39% の症例で再手術を要したという報告や高い再発率の報告も散見される⁴⁾⁸⁾。そのため、近年は初期治療終了後の遺残変形が残存している。または成長にともなう変形の再発が議論されており、一部において初期治療後の遺残変形の可能性が指摘されている。現在、内反足の治療評価は理学所見・単純 X 線画像が用いられているが、乳幼児では単純 X 線像での骨端核の描出が認められないことが多く、単純 X 線足関節 2 方向で距骨と踵骨のみの位置関係での評価が行われてい

る。そのため、その病態は解明されていない。本研究では単純 X 線では描出できない足根骨を含めて 3D MRI 画像データから 3 次元構築を行い、Ponseti 法の治療効果を検討するため、Ponseti 法での初期治療直後の距骨の形態、距骨と舟状骨の位置関係に関して 3 次的に詳細な解析を行った。

対象・方法

対象は片側先天性内反足患者の 6 例 12 足(健常足 6 足, 罹患足 6 足, 全例患側は右足)で、MRI 撮影時年齢は平均 6 か月(3 か月から 11 か月)であった。MRI 撮影前の時点で、患側足関節外転は全例 70° 以上であった。方法は足関節中間位となるようにカーボン製の装具(図 1)を装着した状態で、両足関節 3D MRI を撮影して得られた Digital Imaging and Communications in Medi-

Key words : 3D-MRI(3 次元 MRI), clubfoot(内反足), Ponseti method(Ponseti 法), talus(距骨), navicular(舟状骨)
連絡先 : 〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-2 大阪大学 整形外科 大槻 大 電話(06)6879-3552
受付日 : 2016 年 2 月 1 日

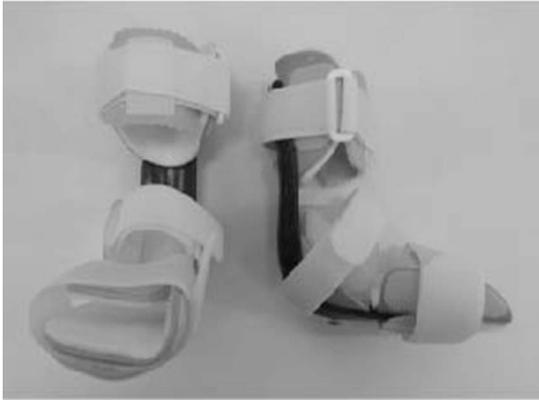


図 1. MRI 撮影用カーボン製装具
足関節中間位となるように作成した。

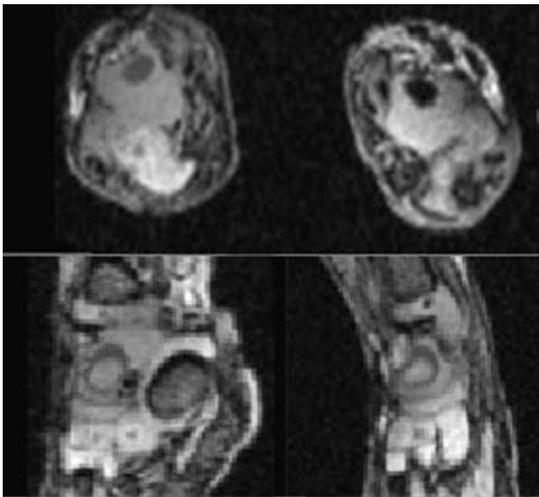


図 2. 足関節部 MRI
SYNAPSE VINCENT(富士フィルム社)を用いて
DICOM データより骨軟骨部をセグメンテーションした。

cine format(DICOM)データを基に 3 次元画像解析システムボリュームアナライザーである SYNAPSE VINCENT(富士フィルム社)を用いて、距骨・舟状骨・脛骨・腓骨の X 線撮影では識別できない軟骨を含めた骨軟骨部をセグメンテーション(図 2)し、3 次元骨モデルを作成した(図 3)。作成した 3 次元骨モデルを大阪大学で開発した独自の解析 soft(Orthopedics Viewer: Osaka University, Osaka, Japan)⁷⁾を用いて、足関節の内果先端と外果先端を結ぶ軸と脛骨軸(脛骨近位骨幹部の面の中心と距腿関節面の中心を結ぶ軸)から



正面 側面
図 3. 骨軟骨モデル
3 次元骨・軟骨モデルを作成(距骨・舟状骨・脛骨・腓骨)した。

基準となる座標平面を設定した。さらに、距骨頸部軸と距骨体部軸を次に示す方法で測定した。

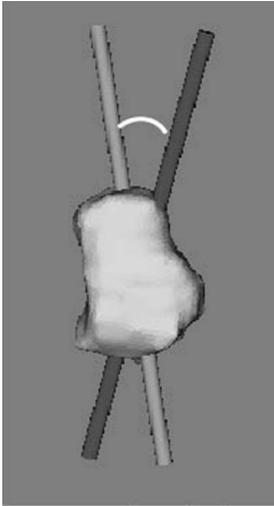
距骨頸部軸：距骨の距舟関節面重心と距骨頸部基部の基準座標の横断面上に平行にきった面の重心とを結ぶ軸とした。

距骨体部軸：距骨の距腿関節面に近似した円柱を作成し、その重心と関節面の重心を結ぶ軸を x 軸とした。近似円柱の軸を y 軸とし、その x 軸・ y 軸と直行する z 軸を距骨体部軸とした。

各々の軸を基準座標平面の横断面上に投影し、その 2 軸から距骨頸部の内転方向への捻れを測定し、距骨頸部内転角とした(図 4)。次に舟状骨の重心と基準平面の原点を結ぶ軸と距骨頸部軸を先程と同様に横断面上に投影し、その 2 軸から舟状骨が距骨頸部に対してどれだけ内転方向に位置しているかを測定し、舟状骨内転角とした(図 5)。距骨頸部内転角と舟状骨内転角について患健側差を比較した。

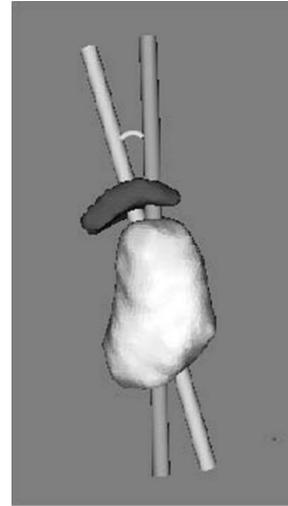
結果

距骨頸部内転角の結果を図 6 に示す。距骨頸部



距骨頸部内転角

図 4. 距骨頸部内転角
距骨頸部軸と距骨体部軸がなす角とした。



舟状骨内転角

図 5. 舟状骨内転角
舟状骨重心軸と距骨頸部軸がなす角とした。

内転角については、4 症例において健側と比較して距骨頸部は内転しており、特に症例 1 と 2 では距骨内転角は患健側差で各々 32.4° 、 29.3° と強く内転していた。一方で、距骨頸部内転角の患健側差が症例 3 で -5.8° 、症例 5 で -17.9° と 2 症例においては外転していた。平均では距骨頸部は 10.9° 内転していた。次に、舟状骨内転角の結果を図 7 に示す。患健側差で舟状骨が距骨頸部軸から内転していた症例は 3 例あった(症例 3, 4, 5)。一方で、外転している症例も 3 例(症例 1, 2, 6)あった。症例ごとに見てみると、距骨頸部が強く内転していた症例 1 と 2 では舟状骨は外転していた。一方、距骨頸部が外転していた症例 3 と 5 では舟状骨は内転していた。

考 察

先天性内反足の原因としては、軟部組織の異常がいわれている⁵⁾が、骨形態や骨軟骨アライメントに関する報告は少ない⁶⁾。先天性内反足の形態については Cadavaric study で距骨頸部・体部とも小さく、距骨頸部は内転方向に捻れており、舟状骨も内方へ偏位していると報告されている⁹⁾。また、Kamegaya らは MRI の axial plane を用いた先天性内反足の解析において、先天性内反足で

は足関節内外果を基準として距骨頸部軸と体部軸のなす角は強く、舟状骨は頸部軸に対して全体の $2/3$ で内側偏位し、残りの $1/3$ では外側偏位していたと報告している⁶⁾。しかし、2次元平面上での軸では回内外や底背屈といった撮影部位や骨配列の影響が残存するため、厳密な解析は困難である。これまでも 3D MRI を用いて再構築した画像による解析は、5 歳未満の足部疾患の診断や治療に有用であると報告されている¹⁾。

今回の結果からは、距骨頸部は内転しており、これまでの報告と同様であった。しかし、一部の症例では外転傾向を示しており、これらは 2 次元では足根骨配列が回外している影響で過剰に内転していると評価されていた症例があったからかもしれない。また、本研究において症例は少ないが、距骨頸部が内転している症例では舟状骨が外転している一方で、距骨頸部が外転している症例では、舟状骨が内転していた。このことから、Ponseti 法での矯正時に距骨頸部形態に応じて代償するように舟状骨位置が決まっている可能性が示唆された。

舟状骨の位置や距骨頸部形態は単純 X 線では評価できないため、Ponseti 法治療後の距骨頸部形態や舟状骨位置が遺残変形や再発と関連するの

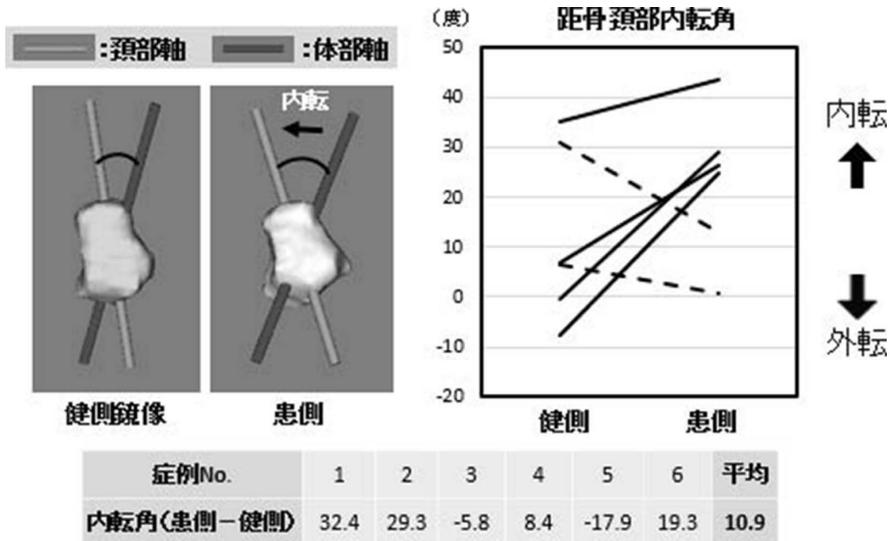


図 6. 距骨頸部内転角の結果まとめ
症例ごとの距骨頸部内転角はばらつきを認めた。

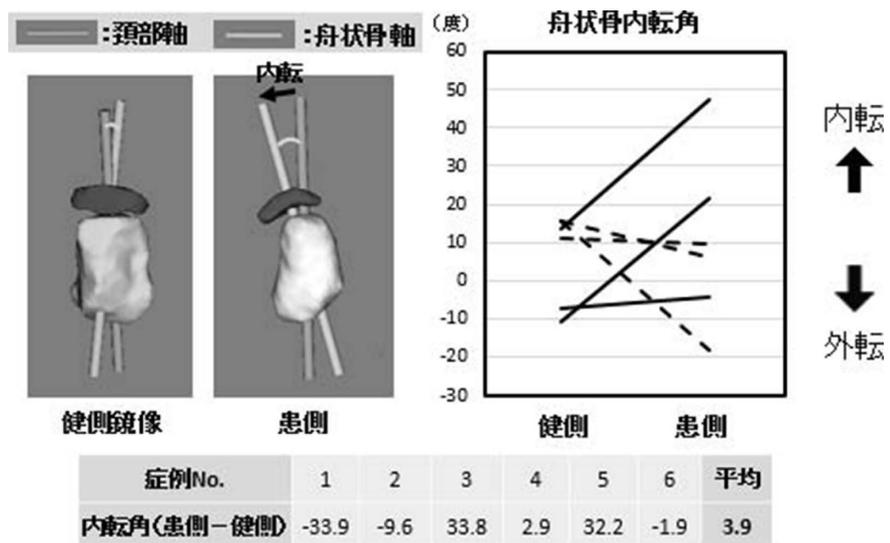


図 7. 舟状骨内転角の結果まとめ
距骨頸部内転角が強い症例 1 と 2 では舟状骨位置は外転を示していた。

かどうかを調査する必要がある。

結 語

Ponseti 法治療直後の先天性内反足に対して、足根骨の 3 次元 MRI 解析を行った。距骨頸部が内転している症例では、舟状骨位置は外転しており、距骨頸部が外転している症例では、舟状骨が内転している傾向があるかどうか、今後検討が必

要である。Ponseti 法治療時に、距骨頸部形態に応じて舟状骨位置が代償的に決定されている可能性が示唆された。

文献

- 1) Cahuzac JP, Navascues J, Baunin C, Salles De Gauzy J, Estivalezes E, Swider P: Assessment of the position of the navicular by three-

- dimensional magnetic resonance imaging in infant foot deformities, *Journal of pediatric orthopedics*. Part B, **11** : 134-138, 2002.
- 2) Cooper DM, Dietz FR: Treatment of idiopathic clubfoot. A thirty-year follow-up note, *The Journal of bone and joint surgery*. American volume, **77** : 1477-1489, 1995.
 - 3) Dobbs MB, Rudzki JR, Purcell DB, Walton T, Porter KR, Gurnett CA: Factors predictive of outcome after use of the Ponseti method for the treatment of idiopathic clubfeet, *The Journal of bone and joint surgery*. American volume, **86-a** : 22-27, 2004.
 - 4) Haft GF, Walker CG, Crawford HA: Early clubfoot recurrence after use of the Ponseti method in a New Zealand population, *The Journal of bone and joint surgery*. American volume, **89** : 487-493, 2007.
 - 5) Ippolito E, De Maio F, Mancini F, Bellini D, Orefice A: Leg muscle atrophy in idiopathic congenital clubfoot: is it primitive or acquired?, *Journal of children's orthopaedics*, **3** : 171-178, 2009.
 - 6) Kamegaya M, Shinohara Y, Kuniyoshi K, Moriya H: MRI study of talonavicular alignment in club foot, *The Journal of bone and joint surgery*. British volume, **83** : 726-730, 2001.
 - 7) Kawanishi Y, Moritomo H, Omokawa S, Murase T, Sugamoto K, Yoshikawa H: In vivo 3-dimensional analysis of stage III Kienbock disease: pattern of carpal deformity and radioscaphoid joint congruity, *The Journal of hand surgery*, **40** : 74-80, 2015.
 - 8) Park SS, Kim SW, Jung BS, Lee HS, Kim JS: Selective soft-tissue release for recurrent or residual deformity after conservative treatment of idiopathic clubfoot, *The Journal of bone and joint surgery*. British volume, **91** : 1526-1530, 2009.
 - 9) Shapiro F, Glimcher MJ: Gross and histological abnormalities of the talus in congenital club foot, *The Journal of bone and joint surgery*. American volume, **61** : 522-530, 1979.