

# 脚延長術において External Fixation Index に及ぼす 影響因子の検討

千葉県こども病院整形外科

萬納寺 誓 人・亀ヶ谷 真 琴・西 須 孝

千葉大学医学部整形外科学教室

守 屋 秀 繁

**要 旨** 大腿骨および下腿骨仮骨延長例において EFI に影響を及ぼす因子を検討した。対象は 1989 年 7 月～2003 年 11 月までに当院で骨延長を行った 86 肢(大腿 33 肢・下腿 53 肢), 手術時平均年齢は 12.2 歳±3.2 SD であった。全例単支柱型創外固定器を用いた。EFI に及ぼす影響因子を 19 項目について, 多変量解析を用いて検討した。全症例を対象としたステップワイズ重回帰分析では, 原因疾患が先天奇形であるかないか, 患側が右か左か, 延長量と EFI との間に相関を認め, 次の重回帰式を得た。EFI=63.250+8.264 X+5.556 Y-0.599 Z(R<sup>2</sup>=0.333, P<0.0001), X:原因疾患が先天奇形でない=0, ある=1, Y:患側が左=0, 右=1, Z:延長量(mm)。以上より脚延長術においては, 原因疾患, 患側, 延長量を特に考慮した上で術前計画を立てるとともに, 患児および家族に対し十分 informed consent を行う必要があると思われた。

## はじめに

脚延長施行時の骨形成能を表す指標の一つとして external fixation index(以下 EFI)がある。EFI=創外固定器装着期間(days)/延長距離(cm)で定義され, 脚延長を行うにあたり 1 cm あたり何日間創外固定器を装着していたかを示している。今回我々は, 大腿骨および下腿骨仮骨延長例において EFI に影響を及ぼす因子について多変量解析を用いて検討したので報告する。

## 対 象

対象は 1989 年 7 月～2003 年 11 月までに当院で脚長不等または下肢変形に対して脚延長術(変形矯正合併含む)を行った 72 例(86 肢)(表 1)であ

表 1. 対象症例の内訳(肢)

	Femur	Tibia	Total
Male	19	31	50
Female	14	22	36
Total	33	53	86

る。単なる低身長に対しては当院では手術適応としていないので含まれていない。手術時年齢は 4.1～18.8 歳(平均 12.2±3.2 SD), 術後経過観察期間は 7 か月～14 年 1 か月(平均 5.5 年±3.2 SD)である。全例単支柱型骨創外固定器(Orthofix 社製または EBI 社製)を使用した。

## 方 法

EFI に及ぼす影響因子を以下に示した 19 項目

**Key words** : external fixation index (EFI), leg lengthening(脚延長), callotasis(仮骨延長法), leg length discrepancy(脚長不等), stepwise regression analysis(ステップワイズ重回帰分析)

連絡先: 〒266 0007 千葉県千葉市緑区辺田町 579 1 千葉県こども病院整形外科 萬納寺誓人 電話(043)292 2111  
受付日: 平成 17 年 3 月 8 日

表 2. 原因疾患分類(肢)

疾患グループ	疾患名
外傷(11)	
関節疾患(14)	DDH(8), SCFE(6)
感染(9)	Osteomyelitis(3), Septic arthritis (hip) (6)
腫瘍(7)	Bone tumor(1), Exostosis(1), Hemangioma(3), Neurofibroma(1), Soft tissue tumor(1)
先天奇形(10)	Cong. short tibia(1), Cong. tibia bowing(2), Cong. tibia dysplasia(2), PFFD(3), Tibia hemimelia(2)
骨系統疾患(26)	Achondroplasia(3), Acromesomeric dysplasia(2), Blount(12), Metaphyseal chondrodysplasia(6), Pseudoachondroplasia(2), Spondyloepiphyseal dysplasia(1)
特発性(9)	CTEV(3), Hemihypertrophy(2), Hemiparesis(1), Unknown(3)

DDH: Developmental Dysplasia of the Hip  
 SCFE: Slipped Capital Femoral Epiphysis  
 PFFD: Proximal Focal Femoral Deficiency  
 CTEV: Congenital Talipes Equinovarus

について、多変量解析を用いて検討した。解析にはステップワイズ重回帰分析(以下、SW分析)を用いた。

### 検討項目

1. 手術時年齢: 4.1~18.8歳(平均 12.2±3.2 SD)
2. 性別: 男性 50肢・女性 36肢
3. 原因疾患(7分類): (表2)
4. 延長骨: 大腿 33肢(近位 30・骨幹部 1・遠位 2)・下腿 53肢(近位 51・骨幹部 1・遠位 1)
5. 延長側: 右 41肢・左 45肢
6. 身長: 88.4~179.0 cm(平均 141.7±22.4 SD)
7. 体重: 12.7~79.6 kg(平均 40.3±15.1 SD)
8. Body Mass Index: 13.7~27.1(平均 19.3±3.1 SD)
9. 延長量: 10~70 mm(平均 41.2±12.5 SD)
10. Waiting period: 6~15日(平均 11.4±2.0 SD)
11. 骨切り部骨横径(図1 a): 12~41 mm(平均 27.1±6.3 SD)

12. 延長量/骨切り部骨横径: 0.4~3.5(平均 1.6±0.7 SD)

13. 延長量/術前骨全長: 4.4~31.8%(平均 13.9±5.5 SD)

14. 骨切り部軟部組織横径(図1 b): 57~218 mm(平均 114.4±36.1 SD)

15. 骨切り部骨横径/骨切り部軟部組織横径: 0.12~0.43(平均 0.25±0.08 SD)

16. 骨切り部から近位 pin までの最短距離(図 1-c): 3~72 mm(平均 18.8±10.7 SD)

17. 骨切り部から遠位 pin までの最短距離(図 1-d): 7~165 mm(平均 63.9±35.3 SD)

18. 骨切り部を挟んだ pin と pin の最短距離(図 1-c+d): 30~183 mm(平均 82.7±35.4 SD)

19. 使用した pin 本数: 4~6本(平均 4.2±0.5 SD)

### 結果

全症例を対象とした SW 分析において、原因疾患が先天奇形であるかないか、延長側が右か左か、延長量の 3 因子が EFI に最も影響を及ぼしており、次の重回帰式を得た。

$$EFI(\text{days/cm}) = 63.250 + 8.264 X + 5.556 Y - 0.599 Z (R^2 = 0.333, P < 0.0001)$$

X: 原因疾患が先天奇形でない=0, ある=1,  
 Y: 延長側が左=0, 右=1, Z: 延長量(mm)

また、大腿延長例のみを対象とした SW 分析においては、原因疾患が先天奇形であるかないか、骨切り部骨横径/骨切り部軟部組織横径、骨切り部から近位 pin までの最短距離の 3 因子が EFI に影響を及ぼしており、次の重回帰式を得た。

$$EFI(\text{days/cm}) = 56.661 + 17.140 X - 159.221 Y + 0.363 Z (R^2 = 0.415, P = 0.0012)$$

X: 原因疾患が先天奇形でない=0, ある=1,  
 Y: 骨切り部骨横径/骨切り部軟部組織横径, Z: 骨切り部から近位 pin までの最短距離(mm)

下腿延長例のみを対象とした SW 分析においては、延長量の 1 因子のみが EFI に影響を及ぼしており、次の重回帰式を得た。

$$EFI(\text{days/cm}) = 71.908 - 0.708 X (R^2 =$$

0.323,  $P < 0.0001$ )

X: 延長量(mm)

主な合併症は延長中、創外固定器抜去後の骨折が大腿3肢(9.1%)、下腿6肢(11.3%)、抗生剤投与を必要としたピン刺入部の感染が大腿20肢(60.6%)、下腿18肢(34.0%)であった。しかし、延長を断念せざるを得ないような重篤な深部感染は認めなかった。また、創外固定器のピンによるものと思われる金属アレルギーを1肢に認めた。

## 考 察

下肢延長術におけるEFIに影響を及ぼす因子については過去にいくつかの報告がある。Neenanら<sup>10)</sup>やYunら<sup>10)</sup>は下肢延長において、EFIと延長量は負の相関を示すと報告している。また、Maffulliら<sup>4)</sup>は原因疾患が先天性疾患の症例は外傷後、感染後の症例に比べてEFIが大きいと報告している。Aldegheriら<sup>1)</sup>は大腿延長症例において、原因疾患が年齢や延長量よりもEFIに影響をより及ぼすとし、先天性疾患では元骨長の20%を超えて延長すべきではないとしている。本邦でも金澤ら<sup>3)</sup>は先天性下肢短縮症の延長では骨成熟に時間を要し、創外固定装着期間が長くなる傾向にあると報告している。これらの報告は、今回の我々の全症例を対象とした多変量解析の結果と合致するものである。

延長側に関しては今回の検討から、左側の方が右側に比べEFIが小さくなるという結果となったが、過去に同様の報告はない。Finkら<sup>2)</sup>はイリザロフ創外固定器による脚延長術において骨形成に影響を及ぼす因子として最も重要な因子は年齢と荷重だと報告し、さらにMealsら<sup>7)</sup>は小児における大腿骨骨折後の過成長は非利き手側の方が利き手側より大きく、その理由として非利き手側の下肢はいわゆる軸足であるため骨折後に荷重がかかりやすいことが原因である可能性を考察している。今回の我々の症例も軸足が患側であるかどうかでdynamization期における患肢への体重のかかり方が異なっている可能性がある。ちなみに今

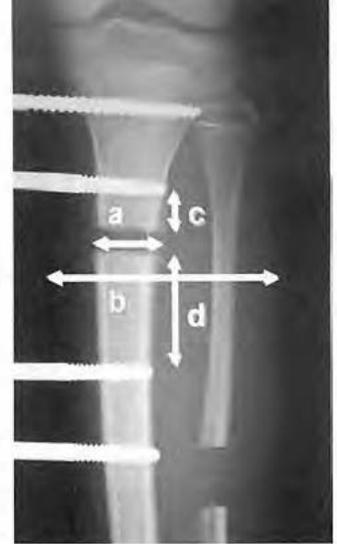


図 1.

回の全72例のうち70例(97.2%)が右利きであり、このことを考慮すると左側においてEFIが小さくなるという結果には妥当性があるかもしれない。また、左下肢の方が解剖学的に静脈環流が悪く、うっ血しやすい<sup>11)</sup>ことが知られており、この左右下肢の血行動態の違いが骨形成に何らかの影響を及ぼしている可能性も考えられる。

大腿のみを対象とした結果をみると、大腿においては骨切り部骨横径が軟部組織横径に対して大きな割合を占めているほどEFIは小さくなることになるが、その解釈は不明であった。骨切り部から近位pinまでの最短距離が小さいほどEFIが小さくなるという結果に関しては、できるだけ近位で骨切りをした方がよいことを示しているものと思われる。また、今回の我々の検討では大腿延長症例で先天性奇形に分類された症例は全例proximal femoral focal deficiency(PFFD)であった。PFFDに対して大腿延長術を施行する場合はEFIが大きくなることを念頭におくべきである。

下腿のみを対象とした結果では延長量のみがEFIと相関を有した。下腿に関しては延長量に重きをおいて延長すべきである。

## まとめ

- 1) 当科にて施行した下肢脚延長術症例についてステップワイズ重回帰分析を用いてEFIに影響を及ぼす因子を検討した。
- 2) 下肢延長に際しては、原因疾患が先天性奇

形であるかどうか、延長側がどちらか、延長量の3因子がEFIに影響を及ぼす因子であることが示された。

3) 今後、脚延長術を施行するにあたり今回の結果を術前の informed consent などに生かしていきたい。

## 文 献

- 1) Aldegheri R : Femoral callotasis. J Pediatr Orthop [B] 6 : 42-47, 1997.
- 2) Fink B, Krieger M, Strauss JM et al : Osteoneogenesis and its influencing factors during treatment with the Ilizarov method. Clin Orthop 323 : 261-272, 1996.
- 3) 金澤芳光, 土屋弘行, 高沢宏太郎ほか : 先天性下肢短縮症に対する延長術の治療成績について. 日創外固定骨延長会誌 13 : 21-25, 2002.
- 4) Maffulli N, Lombardi C, Matarazzo L et al : A review of 240 patients undergoing distraction osteogenesis for congenital post-traumatic or postinfective lower limb length discrepancy. J Am Coll Surg 182 : 394-402, 1996.
- 5) 萬納寺誓人, 亀ヶ谷真琴, 西須孝ほか : 創外固定器装着患者にみられる広範囲皮膚障害 金属アレルギーとの関連について. 日創外固定骨延長会誌 16 : 13-16, 2005.
- 6) 松本賢治 : 還流障害よりみた左腸骨・大腿静脈血栓症に関する臨床的並びに実験的研究. 日外会誌 86 : 98-110, 1985.
- 7) Meals RA : Overgrowth of the femur following fractures in children : Influence of handedness. J Bone Joint Surg 61-A : 381-384, 1979.
- 8) Noonan KJ, Leyes M, Forriol F et al : Distraction osteogenesis of the lower extremity with use of monolateral external fixation. J Bone Joint Surg 80-A : 793-806, 1998.
- 9) Noonan KJ, Price CT, Sproul JT et al : Acute correction and distraction osteogenesis for the malaligned and shortened lower extremity. J Pediatr Orthop 18 : 178-186, 1998.
- 10) Yun AG, Severino R, Reinker K : Attempted limb lengthenings beyond twenty percent of the initial bone length : results and complications. J Pediatr Orthop 20 : 151-159, 2000.

## Abstract

### Multivariate Analysis of Factors Influencing Callus Distraction

Chikato Mannoji, M. D., et al.

Division of Orthopaedic Surgery, Chiba Children's Hospital

We have retrospectively reviewed 72 patients (involving 86 limbs) who underwent callus distraction in the lower extremities in which leg length discrepancy with/without leg deformities were corrected. Forty-one patients (50 limbs) were male, and 31 (36) were female. Thirty-three limbs were lengthened in the femur, and 53 in the tibia. The average age at operation was 12 years (ranging from 4 to 18 years). We analyzed 19 parameters which were thought to influence the external fixation index (EFI) using multivariate analysis.

We obtained an equation using stepwise multiple regression analysis as follows,

$$\text{EFI (days/cm)} = 63.250 + 8.264 X + 5.556 Y - 0.5992 Z \quad (R^2 = 0.333, P < 0.0001)$$

X, type of disease, score 1 for congenital, 0 for others; Y, side of lengthening, score 1 for right, 0 for left; Z, distraction length, range from 10 to 70 mm.

Based on this formula, the type of disease (being congenital or not), the side of lengthening, and the distraction length were each shown to be reliable factors for estimating the EFI in the leg lengthening operations.

When we perform callus distraction in the lower extremity we should consider these three factors before the operation. This will be helpful in making a surgical plan and in obtaining an informed consent from the patient and family.