

Taylor Spatial Frame による小児四肢変形矯正術

滋賀県立小児保健医療センター整形外科

片岡浩之・二見 徹・共田義秀・太田英吾
原田有樹・中村千恵子・尾木祐子・丸木 仁

スカイ整形外科クリニック

柏木直也・瀬戸洋一

要 旨 Taylor Spatial Frame (TSF) による四肢変形矯正術を施行した小児 28 例 35 肢を retrospective に調査した。男児 12 例，女児 16 例，手術時年齢は平均 10 歳 (3~18)，変形矯正部位は上腕 1 肢，前腕 3 肢，大腿 5 肢，下腿 26 肢であった。基礎疾患は，骨折 6 肢，陈旧性モンテジア骨折 2 肢，ブラウント病 5 肢，回旋変形 11 肢，前腕外骨腫 1 肢，くる病 2 肢，骨系統疾患 4 肢，延長後の変形 2 肢，化膿性関節炎・放射線照射後の成長障害が各 1 例であった。平均経過観察期間は 2 年であった。acute correction の骨折 5 肢を除いた平均矯正期間は 26.5 日 (6~70)，平均固定器装着期間は 100 日 (61~236) で，重篤な合併症なく，全例で目的とする矯正位での骨癒合が得られた。2 肢においては初回矯正時の入力ミスのため，予定外の矯正プログラム追加を要した。イリザロフ創外固定器では固定器組換えなどやや煩雑な操作が否めない複合変形や回旋変形矯正においても，TSF は正確で円滑な矯正が可能であった。固定器の設置に一定のスペースを要し，ソフトウェアの扱いに注意を要するなど制約もあるが，有用なツールである。

はじめに

ウェブ上のソフトウェアにて，両端を universal joint とする 6 本の伸縮可能なストラットで連結されたリング間を三次元的に制御することが可能な，新世代のリング型創外固定器 Taylor Spatial Frame (以下，TSF) による小児四肢変形矯正術について，その治療成績を検討した。

対象と方法

2001 年~2010 年に TSF による変形矯正術を施行した小児 28 例 35 肢を対象とした。TSF 単独で施行したものが 27 肢，イリザロフ創外固定

器と組み合わせたものが 8 肢であった。男児 12 例，女児 16 例，手術時年齢は平均 10 歳 (3 歳 2 か月~18 歳)，変形矯正部位は上腕 1 例 1 肢，前腕 3 例 3 肢，大腿 5 例 5 肢，下腿 19 例 26 肢で全例 monofocal な矯正であった。変形をきたした基礎疾患は，骨折 6 例 6 肢 (大腿 3 肢，下腿 3 肢)，上腕骨回旋変形 1 例 1 肢，陈旧性モンテジア骨折 2 例 2 肢，前腕外骨腫 1 例 1 肢，ブラウント病 5 例 5 肢 (内 2 例は再発)，下腿回旋変形 6 例 10 肢 (先天性内反足後の遺残変形・脳性麻痺に伴うものが各 1 例 1，2 肢で，その他は特発性)，くる病 1 例 2 肢，骨系統疾患 2 例 4 肢，大腿・下腿延長後の変形各 1 例 1 肢，化膿性関節炎・放射線照射後の成

Key words : Taylor Spatial Frame (テーラーフレーム), virtual hinge (バーチャルヒンジ), deformity correction (変形矯正), external fixation (創外固定), children (小児)

連絡先 : 〒 524-0022 滋賀県守山市守山 5-7-30 滋賀県立小児保健医療センター整形外科 片岡浩之
電話 (077) 582-6200

受付日 : 平成 23 年 5 月 9 日

表 1. 原疾患 (N = 35)

骨折	6 肢(大腿 3 肢, 下腿 3 肢)
上腕骨回旋変形	1 肢
陳旧性モンテジア骨折	2 肢
前腕外骨腫	1 肢
ブラウント病	5 肢(内 2 肢は再発)
下腿回旋変形	10 肢(特発性 7 肢, 先天性内反足 1 肢, 脳性麻痺 2 肢)
くる病	2 肢(下腿)
骨系統疾患	4 肢(下腿)
化膿性関節炎後	1 肢(下腿)
放射線照射後(白血病)	1 肢(大腿)
延長後変形	2 肢(大腿 1 肢, 下腿 1 肢)

長障害が各 1 例であった(表 1), 変形要素は, 回旋変形を伴ったものや複合変形が多かった(図 1). 変形の平均値は angulation が正面像で 20° (6~40), 側面像で 15° (5~35), translation は 7 mm (2~23), rotation は 30° (5~95) であった. 平均経過観察期間は, 術後 2 年 (6 か月~4 年 4 か月) であった. これらの治療における矯正期間, 創外固定器装着期間, 矯正精度, 合併症につき retrospective に調査した.

術式・矯正方法

原則として Chronic mode にて pre-construction して設置可能なことを確認した. 術後 3~4 日目から矯正を total residual mode にて, 個々の症例に応じて矯正スピードと目標矯正位を設定して開始し, 必要であれば追加プログラムによる矯正を行い, 矯正が終了すればリング間連結をイリザロフロッドに変更した. 多くは正常アライメントを目標矯正位としたが, 陳旧性モンテジア骨折では, 尺骨を過矯正位へ移動することで脱臼橈骨頭の整復を図り⁵⁾, 思春期前のブラウント病などでも疾患の特性から過矯正位を目標とした. なお骨折の 6 肢に対しては, ring を先に設置し (ring first method), その場で acute correction を行った 5 肢と gradual correction した 1 肢があった.

結果

acute correction した骨折 5 例 5 肢を除いた矯正期間は平均 26.5 日 (6~70) で, 20 mm 以上の延

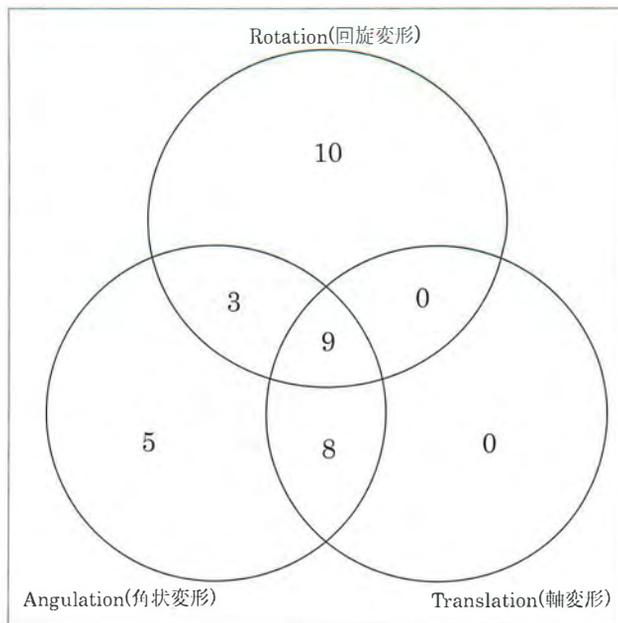


図 1. 変形要素

長を施行した例を除いた 26 肢では 21 日であった. 固定器装着期間は acute correction した骨折 5 肢では平均 100 日 (61~139), gradual correction した骨折 1 肢で 62 日, その他の 29 肢では平均 100 日 (62~236) で, 全例 3° 以内の精度で目的とする矯正位での骨癒合が得られた(表 2). 追加手術を要した例はなかったが, 初回矯正プログラム入力のエラーを 2 例 2 肢 (5.7%) に生じ, 予定外の追加プログラムを要した. 合併症としてピン・ワイヤー刺入部の表層感染のほか, 幼児の下腿で 1 例コンパートメント症候群を認めた. 本症例は化膿性膝関節炎後の下腿の高度な内反・内捻変形により, 術前から前方コンパートメントが緊張した状態であった. こうした変形に対し近位で骨切りする際, 筋膜切開を追加処置として行うことで以降は経験していない.

考察

TSF を用いた骨折治療をはじめ下肢の変形矯正術についての諸家の報告では, いずれも安定して正確な整復・矯正位が獲得されており, 特に複合変形の矯正においては有用とされている^{1)~4)}. TSF は本邦では '90 年代後半に導入され, その使用経験も数多く報告されているが, 小児についてのまとまった報告は少ない. しかし今回の調査で

性別・平均年齢：男児12例，女児16例・10歳(3歳2か月～18歳)
 矯正部位：上腕1，前腕3，大腿5，下腿26
 変形要素：単独回旋変形10，複合変形23
 平均矯正期間：26.5日(6～70)(延長距離 ≥ 20 mmを除いた26肢：21日)
 (acute correctionした骨折5肢を除く)
 平均TSF装着期間：100日(61～236)

表 2.
四肢変形矯正の概要

表 3. TSF/Ilizarov fixator の比較

TSF	vs	Ilizarov fixator
(小児の上肢には)重い	重量	比較的軽い
一定以上のスペース 要 やや制約あり 比較的自由	Work space/リング間距離 ワイヤー・ピンの固定位置 リングの正確な設置	狭くとも可能 比較的自由 必要
Virtual Hinge	変形矯正(Hinge)	正確な作図-設置要
初期には不明 Simultaneously (way-point) 最短距離で可能 組み換え 不要(容易) 安定 組み換え 不要	矯正の進行 複合変形の矯正 矯正期間 回旋・軸転位変形 リング間連結(矯正時) 遺残変形矯正	見た目通り Step by step TSF より時間がかかる やや煩雑な組み換え 要 歪む場合あり 組み換え 要
相対的に低い	Learning curve	やや高い

は，小児四肢長管骨の変形矯正術においても，重篤な合併症なく全例で目的とする矯正位での骨癒合が獲得され，有用であった。

同じリング型創外固定器であっても，TSF とイリザロフ創外固定器ではその矯正過程は随分と異なる。その対照的特徴を表3に示す。TSFの最大の特徴は virtual hinge による矯正で，イリザロフ創外固定器では変形に合わせて正確に固定器を設置し，複合変形に対しては，各変形要素に合わせて固定器を組み換えつつ step-by-step に矯正を進める必要があり，hinge が本来の位置にない場合は，後に translation を要する場合もあるが，TSF ではそのままの構成で種々の変形矯正が最短距離(way-point)で可能である²⁾。下腿の回旋変形単独の矯正では，煩雑な固定器の組み換えがなく，矯正に要する期間は半分に短縮された⁶⁾。またイリザロフ創外固定器では，連結の弱さから rotation や translation などでは矯正に際しリング間が歪むこともあるが，6本のストラットで連結された TSF は矯正に際しての安定性は高く，正確で円滑な矯正が可能である。

TSF の短所としては，ストラットの設置位置が決まっており，ワイヤー・ピン固定位置に制約

があること，固定器の設置に一定のスペースを要し，小児の短い長管骨に対しては工夫を要すること，矯正過程がソフトウェア任せで初期にはどう動いているか不明で，プログラム入力上のエラーがあってもわからないため，ソフトウェアの扱いには十分注意が必要なことなどである。

結 論

- 1) TSF により四肢変形矯正術を 28 例 35 肢に施行し，重篤な合併症なく全例で目的とする矯正位での骨癒合を得た。
- 2) イリザロフ創外固定器ではやや煩雑な回旋/軸変形，複合変形に対しても正確で円滑な矯正が可能であった。
- 3) いくつかの制約もあるが，TSF は小児の四肢変形矯正術にも有用である。

文 献

- 1) Eidelman M, Bialik V, Katzman A : Correction of deformities in children using the Taylor spatial frame. J Pediatr Orthop B 15 : 387-395, 2006.
- 2) Manner HM, Huebl M, Radler C et al : Accuracy of complex lower-limb deformity correction

- with external fixation : a comparison of the Taylor Spatial Frame with the Ilizarov Ringfixator. *J Child Orthop* 1 : 55-61, 2007.
- 3) Marangoz S, Feldman DS, Sala DA et al : Femoral deformity correction in children and young adults using Taylor spatial frame. *Clin Orthop Relat Res* 466 : 3018-3024, 2008.
- 4) Rozbruch SR, Segal K, Ilizarov S et al : Does the Taylor spatial frame accurately correct tibial deformities? *Clin Orthop Relat Res* 468 : 1352-1361, 2010.
- 5) 片岡浩之, 二見 徹, 共田義秀ほか : 小児陳旧性モンテジア骨折に対する創外固定. *日創外固定骨延長会誌* 19 : 53-58, 2008.
- 6) 片岡浩之, 共田義秀, 二見 徹ほか : 下腿回旋変形に対する創外固定治療. *日創外固定骨延長会誌* 21 : 87-92, 2010.

Abstract

Upper or Lower Extremity Deformity of Various Etiologies in Children Treated Using the Taylor Spatial Frame

Hiroyuki Kataoka, M. D., et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Medical Center for Children, Shiga

We report the use of the Taylor Spatial Frame (TSF) to treat an upper or lower limb deformity of various etiologies in 35 cases involving 28 patients. The patients included 16 girls and 12 boys, with a mean age of 10 years (range from 3 to 18 years). The 35 limbs involved the tibia in 26 cases, the femora in 5, the ulna in 3, and the humerus in 1 case. The etiology was trauma in 6, chronic Monteggia in 2, Blount's disease in 5, idiopathic development deformity in 10, rotational deformity after congenital club foot in 1, osteochondroma of forearm in 1, rickets in 2, malunion after limb lengthening in 2, skeletal dysplasia in 4, and growth disturbance after radiation for leukemia and septic arthritis in the knee in 2 cases. Almost all presented complex (multidimensional) or rotational, translational deformity. Except for 5 cases of trauma, the mean duration of correction treatment was 26.5 days (range from 6 to 70 days). The mean duration of applying the TSF was 100 days (range from 61 to 236 days). The mean follow-up duration was 2 years. At most recent follow-up, the deformity was completely corrected in all 35 cases. There was no case of serious complication. An extra software program was needed in 2 cases because of an error in using the software. While Ilizarov fixator can be used to correct a complex deformity, the complexity often requires difficulty to construct the Ilizarov fixator and modifications may be needed during use. The TSF was effective with much higher precision and stability in correction, particularly for multidimensional or rotational deformity, although its use may be limited by its workspace and possible errors in using software.