

## 特急掲載

## 脛骨骨幹部開放骨折の治療成績は向上したか？

東 夏奈子, 石井 桂輔

東京都立墨東病院救命救急センター

(平成 26 年 5 月 8 日受付)

**要旨：**当施設では、新鮮下腿骨幹部開放骨折の治療に近年、最終固定としてのリング型創外固定、軟部組織欠損に対する閉鎖式持続陰圧療法（以下 NPWT）や有茎皮弁・筋弁を実施してきた。脛骨骨幹部開放骨折 Gustillo-Anderson 分類（以下 GA 分類）IIIA, B の症例について、これらの治療法の導入に伴い、時期により治療成績が向上したか検証した。A 群：2005 年 4 月からの 2 年間に受傷した 6 例 7 肢、B 群：2010 年 4 月（リング型創外固定、有茎皮弁・筋弁導入後）からの 1 年間に受傷した 8 例 9 肢。受傷時年齢は A 群平均 47.3 歳、B 群平均 57.0 歳。骨癒合率は A 群 83%、B 群 87.5%。骨癒合期間は A 群平均 21.8 カ月、B 群平均 12.8 カ月。両群で骨癒合率・歩行能力に大きな差はみられず、骨癒合期間及び入院期間に統計的有意差はなかったが、数値的には短縮が見られた。今後更なる治療法の発展や、より大規模な症例データの解析が必要である。

(日職災医誌, 62:259-263, 2014)

## —キーワード—

脛骨骨幹部開放骨折, 成人, 治療成績

## はじめに

脛骨骨幹部骨折は、四肢長幹骨骨折の中でも頻度が高い骨折である。脛骨の前内側 1/3 は皮膚直下に存在しているため、その骨折は開放性となりやすく感染や偽関節のリスクが高い。また、本骨折は青壮年者に多く、治療期間が長引くと雇用喪失に直結し、社会経済に与える影響も大きい。効率的な治療と早期社会復帰が重要である。当施設では新鮮下腿骨幹部開放骨折の治療に近年、最終固定としてのリング型創外固定法、軟部組織欠損に対する閉鎖式持続陰圧療法（以下 NPWT: negative pressure wound therapy）や有茎皮弁・筋弁を実施してきた。本研究では、これらの治療法の導入に伴い、下腿骨幹部開放骨折の治療成績が向上したか検証した。

## 対象と方法

対象は、当施設で治療開始した新鮮下腿骨幹部骨折 (AO 分類 42) のうち、Gustillo-Anderson 分類 (以下 GA 分類) IIIA もしくは IIIB の症例である。当施設では、2007 年 4 月より最終固定としてのリング型創外固定が導入されている。また、軟部組織欠損に対する治療法として、NPWT は元々取り入れられており、それに加えて 2008 年 5 月より有茎皮弁・筋弁が導入された。有茎皮弁・筋弁に関しては、導入から 1 年間は、適応と考えられる症

例についても使用例と不使用例が混在している移行期間があった。以上を考慮し、2005 年 4 月から 2007 年 3 月に治療開始した 6 例 7 肢を A 群 (表 1) とし、当施設でリング型創外固定、有茎皮弁・筋弁を導入した後の 2010 年 4 月から 2011 年 3 月に治療開始した 8 例 9 肢を B 群 (表 2) とした。これらをカルテから後方視的に調査し、前記 2 群で以下の調査項目について比較検討した。調査項目は、受傷時年齢、骨折型 (AO 分類)、開放骨折分類 (GA 分類)、治療法、下肢温存の可否、骨癒合率、骨癒合までの期間、入院期間、歩行能力、歩行に影響を与える他部位損傷の有無とした。統計解析には、Mann-Whitney's U test を用いた。

## 結 果

受傷時年齢は、A 群で平均 47.3 歳 (26~69 歳)、B 群で平均 57.0 歳 (39~83 歳) だった (表 3)。骨折型は、A 群で C2: 4 肢、C3: 2 肢、A2: 1 肢、B 群で B2, C3 が各 2 肢、A1, A2, A3, B1, C1 が各 1 肢だった。開放骨折分類は、A 群で GA 分類 IIIA が 6 肢、IIIB が 1 肢、B 群で IIIA が 8 肢、IIIB が 1 肢だった。治療法は、両群ともに、受傷当日は基本的に洗浄デブリドマンおよび創外固定を行っており、B 群において GA 分類 IIIA の 1 例のみは受傷当日に髓内釘固定をしていた。超音波骨折治療器は、A 群で 3/7 肢、B 群で 7/9 肢に使用していた。

表1 A群の症例における骨折型、固定法と治療の内訳

症例	年齢	受傷起点		AO分類	GA分類	初期固定	最終固定	超音波骨折治療	NPWT	骨癒合期間	入院期間(日)	最終歩行能力	合併損傷
1	26	バイク事故		C3	ⅢA	EF	nail	○	—	1年5カ月	51	独歩	足関節骨折(同側)
2	63	労災(荷物の下敷き)		C3	ⅢA	EF	—	×	—	切断	386	義足	大腿骨骨折(両側) 肘関節骨折(反対側) 恥坐骨骨折(反対側)
3	34	バイク事故		C2	ⅢA	EF	nail	○	—	2年	54	独歩	鎖骨骨折(反対側)
4	58	車と壁の間にはさまれた	右	C2	ⅢA	EF	nail	○	—	1年10カ月	144	独歩	—
			左	C2	ⅢB	EF	nail	○	○	3年6カ月			大腿部デグロビング損傷
5	34	墜落		C2	ⅢA	EF	—	×	—	不明	47	ベッド上	外傷性SAH 脳挫傷, DAI
6	69	TA(自転車)		A2	ⅢA	EF	nail	×	—	4カ月	118	独歩	腰椎破裂骨折 足関節骨折(両側)

TA: 交通事故, GA分類: Gustillo-Anderson分類, EF: モノチューブ型創外固定, nail: 髓内釘, NPWT: 閉鎖式持続陰圧療法, SAH: くも膜下出血, DAI: びまん性軸索損傷

表2 B群の症例における骨折型、固定法と治療の内訳

症例	年齢	受傷起点		AO分類	GA分類	初期固定	最終固定	超音波骨折治療	NPWT	皮弁筋弁	骨癒合期間	入院期間(日)	最終歩行能力	合併損傷
1	45	バイク事故		C1	ⅢA	EF	TSF	×	—	—	5.5カ月	333	T字杖歩行	外傷性SAH 骨盤骨折
2	46	TA(歩行者)		B1	ⅢA	EF	nail	×	—	—	不明	55	ベッド上	外傷性SAH 頭蓋底骨折 DAI
3	62	道路に倒れていた(受傷起点不明)		A1	ⅢA	EF	nail	○	—	—	9カ月	20	独歩	—
4	39	TA(トラック)	右	C3	ⅢB	EF	TSF	○	—	腓腹筋弁, 植皮	1年1カ月	213	T字杖歩行	—
			左	A2	ⅢA	EF	nail	○	—	—	1年3カ月			寛骨臼骨折 足関節骨折
5	64	路上に寝ている車に轢かれた		C3	ⅢA	nail	—	○	—	ヒラメ筋弁, 植皮	2年4カ月	82	T字杖歩行	足関節骨折(反対側)
6	83	TA(歩行者)		B2	ⅢA	EF	nail	○	○	VAF flap	偽関節	125	ベッド上	大腿骨骨折(同側)
7	78	TA(自転車)		B2	ⅢA	EF	nail	○	○	VAF flap, 植皮	7カ月	95	独歩	外傷性SAH 恥坐骨骨折(反対側)
8	39	TA(自転車)		A3	ⅢA	EF	nail	○	—	—	1年	42	独歩	脳挫傷 足関節骨折(同側)

TA: 交通事故, GA分類: Gustillo-Anderson分類, EF: モノチューブ型創外固定, nail: 髓内釘, TSF: Taylor Spatial Frame リング型創外固定, NPWT: 閉鎖式持続陰圧療法, VAF flap: venoadipofascial pedicled fasciocutaneous flap, SAH: くも膜下出血, DAI: びまん性軸索損傷

NPWTの使用は, A群で1/6肢, B群で2/9肢であった。B群において, 最終固定としてのリング型創外固定の使用は2/9肢, 有茎皮弁・筋弁の使用は, VAF(venoadipofascial pedicled fasciocutaneous) flap: 2肢, 腓腹筋弁: 1肢, ヒラメ筋弁: 1肢だった。下肢切断は, A群: 1/7肢, B群: 0/9肢だった。骨癒合率は, A群: 83%(5/6肢), B群: 87.5%(7/8肢)だった。骨癒合不全は, A群では感染コントロール不良により切断に至った1例, B群では偽関節となったが全身状態不良により治療を断念した1例であった。骨癒合までの期間は, A群: 平均21.8カ月(4~42カ月), B群: 平均12.8カ月(5.5~28カ月)であり, 統計学的有意差はなかった。骨髄炎合併

は, A群: 1/7肢(症例2), B群: 1/9肢(症例4の右側)だった。入院期間は, A群: 平均133.3日(47~386日), B群: 平均120.6日(20~333日)であり, 統計学的有意差はなかった。歩行能力は, 独歩がA群: 4例, B群: 3例, 補助具使用がA群: 1例, B群: 3例, ベッド上がA群: 1例, B群: 2例だった。歩行能力低下の原因および補助具の具体的内容は次の通りだった。A群: 切断に伴い義足を使用した1例, 頭部外傷を合併し主にベッド上での活動度そのまま転院した1例だった。B群: 骨盤骨折, 寛骨臼骨折, 足関節骨折をそれぞれ合併し, 最終歩行能力がT字杖歩行であった3例, 外傷性クモ膜下出血を合併し主にベッド上での生活であった1例, 一旦車い

表3 両群の比較

調査項目	A 群	B 群	p 値
年齢	26～69歳（平均47.3歳）	39～83歳（平均57.0歳）	0.26
AO分類	C2：4肢，C3：2肢 A2：1肢	B2・C3：各2肢 A1・A2・A3・B1・C1：各1肢	
GA分類	IIIA：6肢，IIIB：1肢	IIIA：8肢，IIIB：1肢	
超音波骨折治療	3/7肢	7/9肢	
リング型創外固定	—	2/9肢	
閉鎖式持続陰圧療法	1/7肢	2/9肢	
皮弁筋弁	—	VAF flap：2肢 腓腹筋弁：1肢 ヒラメ筋弁：1肢	
下肢切断	1/7肢	0/9肢	
骨癒合率	83%（5/6肢）	87.5%（7/8肢）	
骨癒合期間	4～42カ月（平均21.8カ月）	5.5～28カ月（平均12.8カ月）	0.25
骨髄炎合併	1/7肢	1/9肢	
入院期間	47～386日（平均133.3日）	20～333日（平均120.6日）	0.57
歩行能力	独歩：4例 補助具使用：1例 ベッド上：1例	独歩：3例 補助具使用：3例 ベッド上：2例	

GA分類：Gustilo-Anderson分類

す移乗レベルまで活動度がアップしたものの転院先で肺炎を併発しベッド上での生活となり死亡した1例だった。

## 考 察

脛骨は、皮下の浅層にあり、軟部組織の被覆が少ないため、容易に開放骨折となり、偽関節や骨髄炎の高リスクとなる。かつては、プレート、髄内釘、創外固定により骨折部を安定化し、軟部組織欠損の治療は縫縮や肉芽形成、植皮に頼っていた。Allan and Sigvard<sup>1)</sup>は1989年に、脛骨開放骨折に対してプレート固定を行い、19%に重度の骨髄炎が見られたと報告している。また、Papaioannouら<sup>2)</sup>は2001年に、GA分類II, IIIの脛骨開放骨折に創外固定を使用し20.3%が偽関節となったとし、最終固定としては十分な安定性を得られないと報告している。Joshiら<sup>3)</sup>は2004年に、デブリドマンと適切な軟部組織の被覆を行ったにもかかわらず10.7%が感染したとし、GA分類IIIの脛骨開放骨折には髄内釘を推奨しないと報告している。

近年、脛骨開放骨折の最終固定法として、リング型創外固定が使われるようになり、その有用性について、Hosnyら<sup>4)</sup>、Waniら<sup>5)</sup>、Fosterら<sup>6)</sup>の報告があり、イリザロフ創外固定は、初期および最終固定として十分な安定性があり、脛骨骨幹部の複雑な骨折に対して、安全で信頼できる治療手段であるとされている。また、軟部組織欠損の治療に関して、S. Gopalら<sup>7)</sup>は2000年に、GA分類IIIBCの84例の治療経験より、軟部組織欠損の被覆が受傷後72時間以降では、感染率が増加すると報告してお

り、NPWTや皮弁・筋弁などの選択肢を持つことは有用であると言える。

当施設の新鮮下腿骨幹部開放骨折の治療成績は、前述のAllan and Sigvard<sup>1)</sup>、Papaioannouら<sup>2)</sup>、Joshiら<sup>3)</sup>によるプレートや創外固定の時期との比較では、骨髄炎および偽関節の発症の観点でより良かったが、当施設内におけるリング型創外固定、NPWT、有茎皮弁・筋弁導入前後の比較では、予想に反して治療成績はあまり変わらず、骨癒合率、骨髄炎合併、歩行能力に大きな差はみられなかった。また、骨癒合までの期間および入院期間に関して数値的には短縮が見られたが、統計的な有意差はなかった。

NPWTおよび有茎皮弁・筋弁の導入が治療成績に与える影響としては、創治癒までの期間を短縮できること、それに伴い感染症の合併を抑えることができる可能性、創処置により肉芽が上がるのを待つのみでは閉鎖に至らず患肢切断を考えなければならないような軟部組織欠損創を閉鎖することができること、また創傷が治らないために退院できないという意味での入院期間の長期化を防ぐことなどが挙げられる。創治癒までの経過を見ると、A群では2症例を除いて、創外固定から髄内釘へのコンバージョン後2週で創部抜糸とともに全ての創治癒が完了しているが、B群では経過中に軟部組織の壊死・欠損に至り、有茎皮弁・筋弁を必要とした症例が数例ある。よって、集団の重症度がA群よりB群で高いために、新たな治療法の導入を持ってしても治療成績に有意差が出なかった可能性が考えられる。A群の症例3、症例4左側、B群の症例1、8は創処置のみで経過を見ており、

創治癒までに日数を要するとともに入院期間が長期化し、退院後も外来フォローにて一定期間創処置をつづけていた。B群の症例4は骨髓炎を起こしたが、感染の鎮静後、有茎皮弁・筋弁を用いて術後2週で創閉鎖した。またB群の症例5, 6, 7は有茎皮弁・筋弁を行うとともに適宜植皮を追加し、それぞれ術後5~6週で創閉鎖に至り、創治癒後に退院した。このように、創治癒遷延にともない入院が長期化する症例がある一方で、A群の症例2は義足作成に伴うリハビリの長期化により、またB群の症例6はリハビリで実用歩行獲得に至らないために入院が長期化しており、入院期間の長期化は一概に創部の問題だけではないと言える。

リング型創外固定の導入が治療成績に与える影響としては、髓内釘よりも感染率が低く、モノチューブ型の創外固定より固定性が良いため骨癒合に有利である可能性が挙げられる。両群の初期固定から最終固定へのコンバージョンのタイミングは、A群では全例2週以内に実施されており、B群では症例1が受傷後4週でTaylor Spatial Frameに変更され、症例2が髓内釘刺入部の擦過創治癒を待ったのち受傷後3週で観血的整復内固定された他は、全例受傷後2週以内に初期固定から最終固定へコンバージョンされており、両群で差はなかった。超音波骨折治療の開始時期は、A群では全例受傷後3カ月以降であったが、B群では6例で受傷後3カ月以内に使用され、うち4例は3週以内に使用開始されていた。B群の方が早期から超音波骨折治療を利用しており、骨癒合期間に関係している可能性がある。A群では、頭部外傷を合併した1例と、切断に至った1例以外は、最終固定には髓内釘が用いられて骨癒合に至っている。髓内釘が行われた症例のうち、2例を除いて術後2週で創治癒しており創管理に難渋しておらず、また症例3と症例4の左側も、創治癒まで時間はかかったものの骨髓炎には至らず治癒した。またB群において、リング型創外固定が使用されたのは8例中2例のみであり、他の症例は骨軟部損傷が髓内釘で対応可能な程度のものであったと考えられる。

A群の症例2は、受傷後3週弱で開放創に感染を合併し、初期固定の創外固定のまま創部を開放し洗浄処置を行ったが、感染コントロールがつかず切断に至った。感染の原因として、骨軟部損傷の程度が重症であったことに加え、初期のデブリドマンが不十分だった可能性が挙げられる。対して、B群で骨髓炎に至った1例は、リング型創外固定と有茎皮弁・筋弁を用いて患肢温存に至っている。

以上より、骨癒合までの期間および入院期間に関しては様々な要素が関連しており、数値としては統計的な有意差はなかったが、新たに導入したリング型創外固定や有茎皮弁・筋弁などの治療法を用いなければ切断に至っ

ていたと思われる症例もあり、それらの治療法は有効であった可能性がある。今後の課題として、遊離筋皮弁の導入、骨折治癒にかかわる骨形成因子(BMP)の臨床応用など治療法の発展が挙げられ、それに伴い更なる治療成績の向上が期待される。また、今回の報告では比較対象数が少ないため、多施設での共同研究による、より大規模な症例データの解析が必要であると考えられる。

## 結 語

リング型創外固定および有茎皮弁・筋弁の導入に伴い、新鮮脛骨骨幹部開放骨折の治療成績に大幅な改善は見られなかった。しかし骨軟部損傷の程度が重症な症例や感染を合併し治療に難渋するような症例では、これらの新しい治療法が治療成績の向上に関わってくる可能性が考えられる。多施設での共同研究による、より大規模な症例データの解析が必要とされる。また、今後の課題として、遊離筋皮弁の導入や骨折治癒にかかわる骨形成因子(BMP)の臨床応用など治療法のさらなる発展が期待される。

## 文 献

- 1) Bach AW, Hansen ST Jr: Plates versus external fixation in severe open tibial shaft fractures. A randomized trial. *Clin Orthop Relat Res* (241): 89—94, 1989.
- 2) Papaioannou N, Mastrokalos D, Papagelopoulos PJ, et al: Non-union after primary treatment of tibial fractures with external fixation. *Eur J Orthop Surg Trauma* 11: 231—235, 2001.
- 3) Joshi D, Ahmed A, Krishna L, Lal Y: Unreamed interlocking nailing in open fractures of tibia. *J Orthop Surg* 12 (2): 216—221, 2004.
- 4) Hosny G, Fadel M: Ilizarov external fixator for open fractures of the tibial shaft. *International Orthopaedics* 27 (5): 303—306, 2003.
- 5) Wani N, Baba A, Kangoo K, Mir M: Role of early Ilizarov ring fixator in the definitive management of type II, IIIA and IIIB open tibial shaft fractures. *International Orthopaedics* 35 (6): 915—923, 2011.
- 6) Foster PA, Barton SB, Jones SC, et al: The treatment of complex tibial shaft fractures by the Ilizarov method. *J Bone Joint Surg Br* 94 (12): 1678—1683, 2012.
- 7) Gopal S: Fix and flap: the radical orthopaedic and plastic treatment of severe open fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Br* 82-B: 959—966, 2000.

別刷請求先 〒130-8575 墨田区江東橋 4—23—15  
東京都立墨東病院救命救急センター  
東 夏奈子

## Reprint request:

Kanako Azuma  
Trauma and Critical Care Center, Tokyo Metropolitan  
Bokutoh Hospital, 4-23-15, Koutohbashi, Sumida-ku, Tokyo,  
130-8575, Japan

### Changes in the outcome of open tibial fractures

Kanako Azuma and Keisuke Ishii

Trauma and Critical Care Center, Tokyo Metropolitan Bokutoh Hospital

In these recent years, we have applied definite fixation with ring type external fixators, negative pressure wound therapy and pedicle flaps in treatment of fresh open tibial fractures. In this article, we examined whether patients with Gustilo types IIIA and IIIB open tibial fractures have healed by those new treatment methods. In Group A, six patients (seven limbs) were treated between April 2005 and March 2007. In Group B, eight patients (nine limbs) were treated between April 2010 and March 2011 by the Ilizarov ring fixator and nonmicrovascular pedicled flaps. The mean age of the patients was 47.3 years in group A and 57.0 years in group B. Bone union rate was 83.0% in group A and 87.5% in group B. The mean time to bone union was 21.8 months in group A and 12.8 months in group B. Bone union rate and ambulatory ability did not differ significantly between the two groups. Time-to-bone union and duration of hospitalization was shorter in group B than the same for group A, but showed no statistically-significant difference. Further advancements in treatment strategy and more extensive research with larger sample size are needed.

(JJOMT, 62: 259—263, 2014)