

## 患肢を温存しえた Gustilo type III-C 下腿開放骨折の 1 例

鈴木 学, 庄子 賢, 宮崎 敦史  
野上 慶彦, 村田 祐二, 安藤 幸吉  
亀山 元信, 大江 大\*, 神谷 蔵人\*  
柴田 常博\*\*, 森 武人\*\*, 黒川 大介\*\*

### はじめに

開放骨折は骨折部と外界が直接交通しているため感染の危険が高く、治療においては特別の配慮が必要である。修復を要する血管損傷を伴う開放骨折は Gustilo の開放骨折分類において Type III-C に分類され、患肢の切断率が最も高い<sup>1,2)</sup>。重度下肢外傷治療におけるかつての第一選択は切断術であった。しかし再建術や内固定材料、抗生剤の進歩などに従い、温存できる症例が増加している。1990 年代には 25~85% と高い切断率であったのが、2000 年以降では 22~27% と低くなってきている<sup>3~11)</sup>。その一方で、装具の機能性に改良がなされたことにより早期の切断と義肢装着は致死率、手術回数、入院期間、医療費、リハビリテーション期間を減らし、社会復帰を早めるという報告もある<sup>12)</sup>。これらのことより、重度下肢外傷における切断か温存かの判断は非常に難しいものである。

これまで様々なガイドラインが提唱され、また温存あるいは切断の優位性についての報告も多くあるが、一定のコンセンサスは得られていないのが現状である。今回われわれは、血管損傷を伴った開放骨折において、適切な初期治療と血行再建を行い患肢を温存できた症例を経験したので報告する。

### 症 例

**症例:** 33 歳, 男性

**既往歴:** 右脛骨骨折手術

**現病歴:** 朝 7 時頃に原付バイクで路肩から発進しようとした際、右後方より乗用車に衝突され受傷した。受傷 15 分後に救急隊が到着したところ右膝後面の挫創より多量の出血を認めたため、現場で圧迫止血され受傷 1 時間後に当院救急外来へ搬送された。

**現症:** JCS=0, 呼吸数 18 回/分, SpO<sub>2</sub> 96% (room air), 血圧 67/55 mmHg, 脈拍 101 回/分とショック状態であった。右下腿は高度に変形しており、チアノーゼを呈していた。右膝後面に 5 cm の挫創が 3 箇所あり、圧迫止血を解除すると血液が噴出してくるため、圧迫止血を継続した。右足背・後脛骨動脈は触知できず、足の運動障害と感覚障害も認めた。

**来院時検査所見:** WBC 23,400/ $\mu$ l, Hb 9.1 g/dl, Ht 26%, Plt 14 万/ $\mu$ l, PT 51%, Alb 2.5 g/dl, 肝機能・腎機能・電解質に異常なし。CRP 0.05 mg/dl 以下。白血球の上昇は外傷によるものと考えられた。貧血と凝固能低下を認めたことより相当量の出血があると考えられた。

**来院後経過:** 出血性ショックと考えられたため急速輸液を行ったところ徐々にショックの改善を認めた。胸部・骨盤ポータブル X 線検査では特に異常を認めなかった。Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST) も陰性であり、出血は右下腿からのものであると考えられた。右下腿 X 線検査 (図 1) で右脛骨・腓骨の骨折を認

仙台市立病院救命救急センター

\*同 外科

\*\*同 整形外科



図1. 右下腿 X 線検査: 脛骨・腓骨骨折を認めた。



図3. 創外固定術後

め、挫創と骨折部が一致するため開放骨折と考えられた。創より血液が噴出したことから血管損傷を疑い造影 CT 検査 (図 2) を施行したところ膝窩動脈の遠位で血管が途絶していた。主要動脈の断裂による患肢の循環不全に、神経障害も伴っていることから患肢温存は困難と考えられたが、受傷早期に搬送されており受傷 6 時間以内に血行再建が可能であることや若年であり下肢切断に伴う精神的苦痛も考慮し下肢温存の方針で手術を施行し

た。

受傷 3 時間後に手術室へ入室した。まず右脛骨に創外固定術を施行した (図 3)。脛骨遠位にセルフドリリングハーフピンを 2 本刺入し、脛骨近位にセルフドリリングハーフピンを 3 本刺入した。骨折の整復を行い Stryker Monotube Triax で創外固定を行った。

引き続き血行再建術を開始した (受傷 5 時間後)。広範な動静脈の断裂が予想されたため血行再

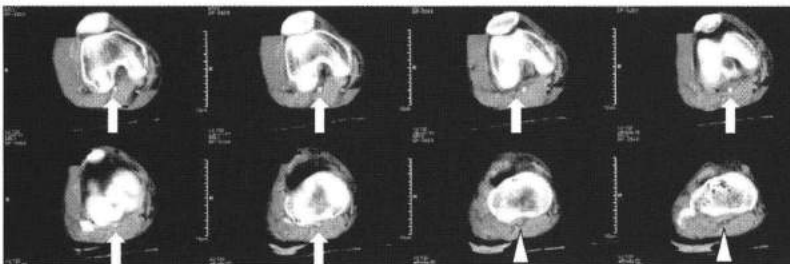


図2. 下腿造影 CT 検査: 膝窩動脈の遠位で血流途絶していた (矢頭)。



図 4. プレート固定術後

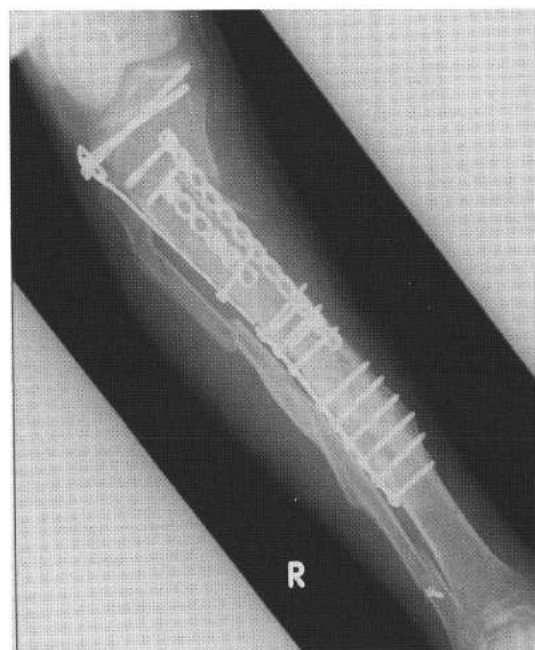


図 5. 偽関節手術後

建用に左大伏在静脈を約 20 cm 採取した。ついで膝窩に皮切をおき膝窩動静脈をテーピングした。膝窩動脈から血管造影を行ったところ、後脛骨動脈部で造影剤の漏出がみられ、完全断裂と考えられた。後脛骨静脈の断裂も確認し、断端を同定してそれぞれ採取した自家静脈で再建した。明らかな神経損傷は認めなかった。受傷 6 時間後に血行再建術を完了し、右足背動脈・後脛骨動脈の触知が可能となった。つづいて debridement を施行した。十分に debridement を施行した後、脛骨の骨折面から出血が持続していたが、止血困難であり軟部組織で被覆し閉創した。

受傷 10 時間後に ICU 入室となったが、血圧 80 台、脈拍 130 台と安定せず再び出血性ショックをきたした。骨折面からの出血が考えられたため、ショックが改善しない場合は下肢切断術が必要であったが、急速輸液と輸血を継続したところ受傷 15 時間後に血圧 110 台、脈拍 90 台とショックの改善を認め、運動・感覚障害も徐々に改善してきたため下肢温存の方針となった。

第 3 病日に腓腹筋の血色不良部位に対し感染予防目的に 2 度目の debridement を施行した。第 33 病日に創外固定を抜去してプレート固定術を施行



図 6. 骨切り術後

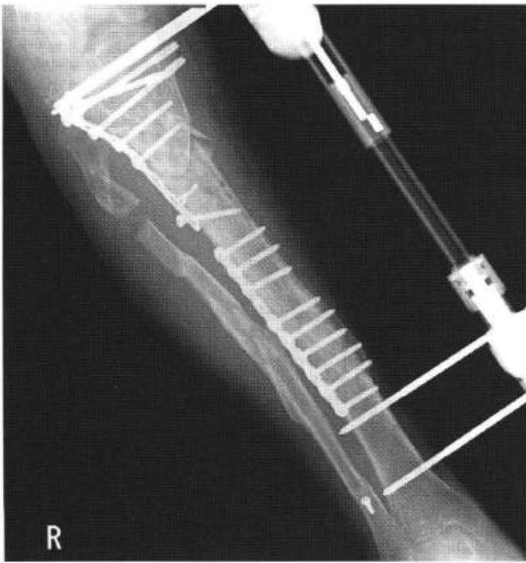


図7. 創外固定術後

した(図4)。経過中に脛骨骨幹部が偽関節となったため第87病日にプレート固定術を追加した(図5)。リハビリテーションは第23病日より健側下肢の筋力訓練を開始し、第137病日より起立訓練を行った。第173病日から装具を着用して歩行訓練を開始した。歩行訓練にて患肢の痛みを訴えたためアライメント不良が原因と考え第201病日に骨切り術と骨移植術を施行した(図6)。脛骨近位のプレートが固定不良で浮き上がってきたため第206病日にプレートを抜去し創外固定術を施行した(図7)。

## 考 察

開放骨折の治療においては軟部組織損傷の程度が重要となってくる。このためGustiloの開放骨折分類に従って分類するのが有用である(表1)。

Gustiloのtype IからIII-Aまでの開放骨折で汚染部が小さく早期に徹底したdebridementを施行できた場合には皮下骨折と同様に内固定しても感染は起こりにくいといわれている。Type III-BやIII-Cの場合には創外固定を行うのが一般的である<sup>13)</sup>。

一方、Gopalら<sup>14)</sup>によると、Gustilo type III-B、III-Cの重度脛骨開放骨折において内固定術と受

表1. Gustiloの開放骨折分類

Type I	開放創が1 cm 以下で清浄な開放骨折
Type II	開放創が1 cm 以上ではあるが、広範な軟部組織損傷や弁状創をともなわない開放骨折
Type III-A	開放創の大きさに関係なく、強度の外力による広範な軟部組織の剥離や弁状創をともなうが、軟部組織で骨折部を被覆可能な開放骨折
Type III-B	骨膜の剥離をともなう広範な軟部組織の損傷と、著しい汚染をともなう開放骨折
Type III-C	開放創の大きさにかかわらず、修復を要する動脈損傷をともなう開放骨折

傷72時間以内の筋弁による被覆を行った患者では感染率が3%と非常に低かったのに対し創外固定術を行った患者では53%にピン刺入部の感染をきたした。これはtype III-Bの症例が大多数(94%)であるため、それらの症例では内固定と筋弁被覆も治療法として有用であると考えられる。本症例はtype III-Cの骨折であり、創外固定術を行ったが経過中に感染は認めなかった。

下肢の骨折に血管損傷の合併が疑われる場合には術中血管造影が有用である。Schlickeweiら<sup>15)</sup>によると脛骨・膝窩動脈損傷の45%に静脈損傷を伴っていた。動脈損傷による末梢の虚血時間が6時間を越えた症例では血行再建を行っても51.8%で術後に患肢の切断が必要となった。

本症例では右膝後面に挫創があり、Xpにて脛腓骨骨折を認めた。挫創と骨折部が一致することから開放骨折と考えられた。挫創より血液が噴出し、末梢の動脈が触知できないことから動脈損傷を疑い造影CT検査を施行した。造影CT検査で膝窩動脈遠位の途絶を認め、術中の血管造影により後脛骨動脈の断裂を確認した。後脛骨静脈も断裂しており、それぞれ自家静脈で再建した。血行再建は受傷6時間以内に完了することができた。筋の挫滅が高度であり感染の可能性が高いことや、骨片が粉碎していたこと、迅速な血行再建が必要であることから内固定は行わず創外固定を施行した。

動脈損傷の典型的な症状としては、動脈拍動の

消失または減弱、蒼白、疼痛、麻痺、冷感、知覚障害がある。上肢と下肢を比較すると、上肢では側副血行路が発達しているため、主幹血行路が損傷されても末梢症状は比較的軽く、壊死となる症例はきわめて少ない。下肢では動脈が比較的深部を通るので切創や刺創による損傷は少ないが、開放骨折では動脈損傷を合併するものが多い。上肢と異なり下肢の主幹動脈が損傷されると末梢部が壊死に陥る可能性はより高くなる<sup>13)</sup>。

血行再建に際してもっとも重要なことは、受傷から血流再開までの時間、すなわち阻血時間である。長時間阻血状態におかれた四肢に安易に血行を再開すると、阻血状態の組織中において産生・蓄積された有害な anaerobic metabolites が急速に循環血中に流入して、急性心・腎不全をきたし、患者を死亡させる危険がある。もし救命できても筋肉の壊死をきたして四肢に重篤な機能障害を残すことになる。動脈損傷の血行再建可能な時間的限界を“血行再建の golden period” と呼び、常温下で6~8時間とされている<sup>13)</sup>。

本症例では末梢の動脈を触知できず、チアノーゼと感覚障害を伴っていた。造影CT検査と術中血管造影により血管損傷を診断し受傷6時間後に血行再建術を完了した。術中所見で神経損傷は明らかでなく、血行再建術後に徐々に知覚障害の改善を認めた。

外傷四肢の温存が可能であるか否かを判定するガイドラインがいくつか紹介されており、それらの大部分は下肢の重度外傷に関するものである。

脛骨神経の完全断裂もしくは受傷6時間以上の温虚血を伴う挫滅傷を含む Gustilo type III-C の下腿開放骨折では切断術の絶対適応である。切断術の相対的適応は重度の複合損傷、同側足部の重度外傷を合併したもの、軟部組織での被覆や脛骨再建に長時間を要すると予想されるものである<sup>16)</sup>。

四肢温存が可能であるかを予測するために、Predictive Salvage Index や Limb Injury Score, Limb Salvage Index, Mangled Extremity Syndrome Index, Mangled Extremity Severity Score (以下 MESS) などの評価法が開発されている。MESS は外傷のエネルギー、虚血の程度、ショック、患者年齢を基礎とし外傷を評価したものであり簡便である(表4)。6点以下で患肢温存が可能と評価され、7点以上では切断術を考慮する<sup>17,18)</sup>。MESS は有用であるがこれのみで切断・温存を決定することはできない。個々の症例において十分な検討が必要となる<sup>19)</sup>。

本症例は中エネルギー外傷で、一過性低血圧を

表2. Gustilo分類と感染率・切断率：Gustilo type III-Cでは切断率が非常に高くなる<sup>1,2)</sup>

Gustilo Grade	Infection Rate	Amputation Rate
I	0%	0%
II	2.5%	0%
III a	5%	2.5%
III b	28%	5.6%
III c	8%	25%

表3. 開放骨折における患肢切断率：最近でも約20%で切断術が施行されている

	切断率	症例数	Gustilo分類	患肢
Court-Brown, 1990 <sup>4)</sup>	85%	14	III C	脛骨
Odland, 1990 <sup>8)</sup>	35%	31	III C	下肢
McNamara, 1994 <sup>14)</sup>	46%	24	III B, III C	下肢
Seligson, 1994 <sup>7)</sup>	32%	72	III C	四肢
Quirke, 1996 <sup>9)</sup>	60%	35	III C	下肢
Faris, 1997 <sup>11)</sup>	68%	71	III C	下肢
Lin, 1997 <sup>13)</sup>	25%	36	III C	下肢の血行再建術後2年以内の切断率
MacKenzie, 2002 <sup>10)</sup>	22%	527	III B, III C	下肢
Zhang, 2002 <sup>2)</sup>	27%	18	III C	脛骨・腓骨

表4. 損傷四肢重症度スコア (MESS: Mangled Extremity Severity Score)

タイプ	特徴	損傷の種類	点
1	低エネルギー	刺創, 単純な閉鎖骨折, 小口径の銃創	1
2	中エネルギー	開放骨折または多発骨折, 脱臼, 中等度の挫滅創	2
3	高エネルギー	散弾銃による (至近距離からの) 高速の銃創	3
4	大損傷	伐採事故, 鉄道事故, 油田掘削事故	4
ショック区分			
1	血圧正常	屋外・手術室内のいずれにおおいても血圧は安定	0
2	一過性低血圧	血圧は不安定だが, 静脈内輸液にて反応する	1
3	持続性低血圧	屋外では収縮期血圧 90 mmHg 未満で, 手術室内においてのみ 静脈内輸液にて反応する	2
虚血区分			
1	なし	拍動があり, 虚血徴候を認めない	0
2	軽度	徐脈がみられるが, 虚血徴候は認めない	1
3	中等度	ドップラで拍動を検出しない, 毛細血管再充血時間の遷延, 知覚異常, 自発運動の減少	2
4	高度	拍動なし, 冷感, 麻痺, しびれを認め, 毛細血管再充血がみられない	3
年齢区分			
1	30歳未満		0
2	30歳以上 50歳未満		1
3	50歳以上		2

虚血時間が6時間を越える際には点数を2倍にする

認めた。中等度虚血と考えられ、30歳以上であることより MESS 6点であった。重症下肢外傷で温存は困難と考えられたが、適切な検査・治療により患肢温存が可能であった。

Michal ら<sup>12)</sup>によると、重度下肢外傷により再建術を施行された患者では、下肢切断術を施行された患者と比べて追加手術が必要となることが多く、骨髄炎を発症する確率も高かった。また再建術・切断術を受けた患者における1年後、2年後の Sickness Impact Profile に有意な差はみられなかった。装具の進歩にともない、これらの外傷患者における患肢の切断・温存の判断はさらに困難なものとなっている。

Gustilo type III-C の開放骨折における患肢切断率は22~85%と文献により差がある<sup>3-11)</sup>(表3)が、他の開放骨折と比べてはるかに切断率が高い<sup>12)</sup>(表2)。医療技術の進歩により切断率は低下してきているが、現在も約20%の症例で切断術が行われている。また、患肢の温存目的で血行再建術を施行した患者のなかには、血流が不十分で

あったり、感染を併発するなどの合併症により経過中に切断が必要となる症例もある<sup>16)</sup>。本症例は受傷早期に搬送され、迅速に血管損傷を診断し受傷6時間以内に血行再建術を完了できた。創外固定術により骨折部の安定性をはかり、出血性ショックに対しては現場での圧迫止血と術前・術後の輸液・輸血で循環を維持できた。さらに十分な debridement により感染を予防できたことなどから患肢を温存が可能であったと考えられる。

## まとめ

本症例では Gustilo type III-C の下腿開放骨折で神経障害も伴っており、出血性ショックにより生命の危険もあることから患肢温存は困難と考えられたが、受傷早期に適切な初期治療と検査を行い創外固定術と血行再建術を施行して患肢の温存が可能であった。重度下肢外傷において切断か温存かの判断は非常に難しいものであるが、迅速に適切な検査・処置を行うことにより温存の成功率が高くなると考える。

## 文 献

- 1) Gustilo RB et al: Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma* **24**: 742-746, 1984
- 2) Gustilo RB et al: Classification of type III (severe) open fractures relative to treatment and results. *Orthopedics* **10**: 1781-1788, 1987
- 3) Court-Brown CM et al: External fixation for type III open tibial fractures. *J Bone Joint Surg [Br]* **72-B**: 801-804, 1990
- 4) Odland MD et al: Combined orthopedic and vascular injury in the lower extremities: indications for amputation. *Surgery* **108**: 660-664; discussion 664-666, 1990
- 5) McNamara MG et al: Severe open fractures of the lower extremity: a retrospective evaluation of the Mangled Extremity Severity Score (MESS). *J Orthop Trauma* **8**: 81-87, 1994
- 6) Seligson D et al: The management of open fractures associated with arterial injury requiring vascular repair. *J Trauma* **37**: 938-940, 1994
- 7) Quirke TE et al: Are type IIIC lower extremity injuries an indication for primary amputation. *J Trauma* **40**: 992-996, 1996
- 8) Faris IB et al: Arterial injury in the lower limb from blunt trauma. *Aust N Z J Surg* **67**: 25-30, 1997
- 9) Lin CH et al: The functional outcome of lower-extremity fractures with vascular injury. *J Trauma* **43**: 480-485, 1997
- 10) MacKenzie EJ et al: Factors influencing the decision to amputate or reconstruct after high-energy lower extremity trauma. *J Trauma* **52**: 641-649, 2002
- 11) Zhang Y et al: Unilateral external fixator combined with simple internal fixation for severe open tibia-fibular fracture. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* **40**: 855-857, 2002
- 12) Michael J. Bosse et al: An analysis of outcomes of reconstruction or amputation of leg-threatening injuries. *N Engl J Med* **347**: 1924-1931, 2002
- 13) 石井清一 他: 標準整形外科学 第8版, 医学書院, pp 606-608, 2004
- 14) Gopal S et al: Fix and flap: the radical orthopaedic and plastic treatment of severe open fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg* **82**: 959-966, 2000
- 15) Schlickewei W et al: Upper and lower limb fractures with concomitant arterial injury. *J Bone Joint Surg* **74**: 181-188, 1992
- 16) S. テリー・カナリ著: キャンベル整形外科手術書 第2巻, エルゼビア・ジャパン, pp 3-10, 2004
- 17) Helfet DL et al: Limb salvage versus amputation. Preliminary results of the Mangled Extremity Severity Score. *Clin Orthop Relat Res* **256**: 80, 1990
- 18) O'Sullivan ST et al: Is it possible to predict limb viability in complex Gustilo IIIB and IIIC tibial fractures? A comparison of two predictive indices. *Injury* **28**: 639-642, 1997
- 19) Steven A. Olson et al: Open Fractures of the Tibial Shaft: An Update. *Instr Course Lect* **52**: 623-631, 2003