下肢長管骨骨折に対する MIPO の小経験

山下 彰 久* 白 澤 建 藏* 城 戸 秀 彦*
入 江 学* 緒 方 淳 也* 光 安 浩 章*

Minimally Invasive Plate Osteosynthesis with Locking Compression Plate for Lower Extremities

Akihisa Yamashita*, Kenzo Shirasawa*, Hidehiko Kido*,
Manabu Irie*, Junya Ogata*, and Hiroaki Mitsuyasu*

下肢長管骨骨折に対して適応を限定した minimally invasive plate osteosynthesis (以下 MIPO) を施行した 6 例を報告する。症例は大腿骨遠位端骨折 2 例、下腿骨折 4 例であった。全例に Locking Compression Plate を使用した小切開による MIPO を施行した。術後、脛骨近位端骨折の 1 例に変形癒合を合併した。また、大腿骨遠位端開放骨折の 1 例は術後に MRSA 深部感染を併発したがプレートは温存しえた。MIPO は、開放性骨折、糖尿病合併、皮膚・軟部組織損傷を伴い髓内釘が困難である症例に良い適応と考える。また、関節近傍骨折においても透視、関節鏡などの補助手段を併用して応用可能である。当科における MIPO の現状を報告する。

We performed minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO), which is biological fracture fixation, for surgical stabilization of fractures of the lower extremities in six patients after August 2005. The patients consisted of two men and four women, of whom two cases had distal femoral fractures and four had leg fractures respectively. We used various locking compression plate systems (LCP), which provided angular stability in the MIPO operation.

In these patients, one suffered tibial proximal-end fracture which resulted in malunion showing varus deformity at the fracture site one year after the operation. The other suffered femoral distal-end open fracture associated with intramuscular MRSA abscess one month after the MIPO operation, but the patient fully recovered by surgical drainage and antibiotic therapy without plate removal.

Although we preferred the intramedullary nail (IMN) for stabilization of the fracture of the lower extremity, especially for diaphyseal fracture, the MIPO operation was well indicated for fractures reaching the metaphysis or articular surface, complicated with diabetes mellitus, as well as open wound and skin and soft tissue damage rather than IMN.

Key words : fracture of the lower extremity (下肢骨折), minimally invasive plate osteosynthesis (最小侵襲プレート骨接合術), locking compression plate (ロッキングコンプレッションプレート)

はじめに

下肢長管骨骨折に対する手術治療においては骨幹端骨折では髓内釘骨接合術、骨幹端、関節近傍骨折ではプレートを使用した open reduction and internal fixation (以下 ORIF と略す) が選択されることが多い。しかし、開放性骨折、骨幹部より遠位端あるいは

近位端に及ぶ骨折、髓内釘挿入部の挫滅創、糖尿病などの合併症を有する症例では軟部組織温存や感染予防の観点において髓内釘使用は難しい。また、ORIF は軟部組織や骨折部骨膜に対する侵襲が大きく、深部感染、偽関節のリスクも高くなる。Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (以下 MIPO と略す) はアライメント整復に重点をおき、小皮切よりプレートを挿

* 下関市立中央病院整形外科 Department of Orthopaedic Surgery, Shimonoseki City Hospital, Yamaguchi, Japan

入し、骨折部に過度な侵襲を加えることなく骨折部を内固定する手術手技であり、「生物学的骨折部固定法」の概念に基づいた新しい手術手技である⁵⁾⁶⁾¹³⁾。今回我々は、下肢長管骨骨折に対して MIPO を応用したのでその小経験を述べる。また、MIPO の適応、手技、および合併症に関しても考察する。

対 象

当科において 2005 年 8 月から 2006 年 4 月までの期間、下肢長管骨骨折に対して MIPO を施行した 6 症例を対象とした。症例の内訳を表 1 に示す。全例でシンセス社の locking compression plate（以下 LCP と略す）を使用し、骨幹部骨折では閉鎖性整復により良好なアライメントを獲得したあと小皮切からプレート挿入し固定した。また、必要に応じて reduction screw も利用した。関節近傍骨折では、透視および関節鏡補助下に関節面整復固定を先に行い、骨幹端部の骨折部は大きく展開することなくプレートを挿入し小皮切を加えて固定した。

症 例 供 覧

代表症例 4 例を供覧する。

症例 1：60 歳，女性。骨折型は AO41-C2 で、コントロール不良の糖尿病と骨折部挫滅創を合併していた（図 1-a, b）。本症例に対して関節鏡視下整復術を併用し外側アプローチで LCP, Proximal Lateral Tibia Plate を挿入し骨折部を MIPO で架橋プレート固定した（図 1-c, d）。術後 1 週にてシーネ除去し膝関節可動域訓練を開始、術後 4 週にて部分荷重、8 週にて全荷重となった。術後 1 年にて膝の可動域は良好であるが、骨折部内反変形癒合を認める（図 1-e, f, g, h）。

症例 2：76 歳，女性。骨折型は AO33-C2 で、開放

骨折であった（図 2-a, b）。本症例に対してデブリードマン、創外固定の緊急手術を施行（図 2-c, d）。2 週間の待機期間にて感染徴候認めず外側傍膝蓋アプローチで関節面を整復し LCP, Distal Femoral Plate で

図 1 症例 1. 60 歳，女性
a, b：術前レントゲン。骨折型は AO41-C2 である。
c, d：術後レントゲン。関節鏡視下整復術を併用し LCP, Proximal Lateral Tibia Plate を用い MIPO 施行した。
e, f, g, h：術後 1 年における肉眼所見 (e, f) およびレントゲン所見 (g, h)。膝の可動域は良好であるが、骨折部内反変形癒合を認める。

表 1 MIPO 症例まとめ

症例	年齢	性別	AO 分類	合併症	インプラント	術後合併症
1	60	女	41-C2	糖尿病，挫滅創	LCP-PLTP	変形癒合
2	76	女	33-C2	開放性骨折	LCP-DFP	MRSA 感染
3	58	女	42-B3	糖尿病，挫滅創	LCP-DTP	なし
4	72	男	42-A3	開放性骨折	LCP-DTP+LCP-PLTP	なし
5	58	女	33-C2	なし	LCP-DFP	なし
6	30	男	41-C2	開放性骨折	LCP-PLTP+LCP-T-plate	なし

MIPO 施行した (図 2-e). 術後 4 週で大腿外側に MRSA 筋層内膿瘍を併発したが, 切開洗浄およびバンコマイシン投与で鎮静化, プレートは温存しえた. 術後 8 ヶ月にて杖歩行可能, 感染徴候なく骨癒合も良好である (図 2-f, g).

症例 3: 58 歳, 女性. 骨折型は AO42-B3 で, 骨幹部より遠位端に及ぶ骨折, 糖尿病と髄内釘挿入部挫滅創を合併していた (図 3-a, b). 本症例に対しては髄内釘固定を断念し, 骨折部を小皮切より圧迫スクリュー固定し, LCP, Distal Tibia Plate を MIPO で中和プレート固定術を施行した (図 3-e, f). 術後は PTB

図 2 症例 2. 76 歳, 女性
a, b: 受傷時レントゲン. 骨折型は AO33-C2 で開放骨折であった.
c, d: 初回手術後レントゲン. 受傷同日にデブリードマンおよび創外固定を施行.
e: MIPO 術中所見. 外側傍膝蓋アプローチで関節面を整復し LCP, Distal Femoral Plate で MIPO 施行した.
f, g: 術後 8 ヶ月におけるレントゲン所見. アライメント, 骨癒合ともに良好である.

装具を作製し, 術後 6 週より部分荷重, 10 週より全荷重となった. 術後 6 ヶ月にて骨癒合良好である (図 3-c, d).

症例 4: 30 歳, 男性. 骨折型は AO41-C2 で, 骨折部に大きな皮弁状挫滅創を有する開放骨折, 多発外傷症例であった (図 4-a, b). 本症例に対してデブリードマン, 減脹切開, 踵骨牽引の緊急手術を施行. 2 週間の待機期間にて全身状態落ち着き, また下腿の感染徴候認めず鏡視下関節面整復術を併用し外側より LCP, Proximal Lateral Tibia Plate を, 内側より LCP, T-Plate を挿入し dual plate で MIPO 施行した (図 4-e, f). また, 骨折部は粉碎を認め骨欠損部に小皮切より自家腸骨移植を追加した. 術後 1 週にてシーネ除去し膝関節可動域訓練を開始, 術後 4 週より toe touch gait を開始した. 術後 6 週にて創傷はほぼ治癒し (図 4-g), 膝の可動域も良好 (図 4-h), また下腿骨のアライメントも整復保持されている (図 4-c, d).

図 3 症例 3. 58 歳, 女性
a, b: 術前レントゲン. 骨折型は AO42-B3 で, 骨幹部より遠位端に及ぶ骨折であった.
c, d: 術後 6 ヶ月におけるレントゲン. アライメント, 外仮骨形成ともに良好である.
e, f: MIPO 術中所見. 骨折部を小皮切より圧迫スクリュー固定し, LCP, Distal Tibia Plate を MIPO で中和プレート固定術を施行した.

図4 症例4. 30歳, 男性
a, b: 受傷時レントゲン. 骨折型はAO41-C2で, 骨折部に大きな皮弁状挫滅創を有する開放骨折であった.
c, d, e, f: MIPO術後レントゲン (c, d) と術中所見 (e, f). 本症例に対してデブリードマン, 減圧切開, 踵骨牽引の緊急手術より2週間後に, 鏡視下関節面整復術を併用し外側よりLCP, Proximal Lateral Tibia Plateを, 内側よりLCP, T-Plateを挿入し dual plateでMIPO施行した. 骨折部は粉碎を認め骨欠損部に小皮切より自家腸骨移植を追加した.
g, h: 術後6週における肉眼所見. 創傷はほぼ治癒し, 膝の可動域も良好である.

考 察

1958年, AOが設立され, 骨折外科的治療においてその後の約20年間は, 「骨折部に如何に圧迫力を加えるか」を追求した骨片間圧迫固定法の時代であった. しかし, あまりに圧迫固定にこだわった結果, 骨膜の過度な剥離などbiologyを無視した手術手技が行われるようになり, 偽関節, 感染症, 抜釘後再骨折といった合併症が引き起こされた. 1980年代に入り, それまでの反省から「生物学的骨片固定法」の考えが広ま

り, プレートの改良および手術手技の改良が行われた. プレートの改良において先駆けとなったのは1987年に登場したLimited Contact-Dynamic Compression Plate (LC-DCP)である⁸⁾. これはプレートの裏面に凹凸をつけることにより骨との接触面積は従来の約50%に減少し, 骨膜血行の温存を図るようデザインされたプレートで現在も広く使用されている. その後, 骨との接触面積を更に減少させ, 骨と点で接触するPoint Contact-Fixator (PC-Fix)⁹⁾が開発されたが筆者は使用経験がない. このPC-Fixの角度安定性を更に発展させ開発されたプレートがLCPである. LCPはスクリューを締めていくとプレートのねじ山と完全にロックする機構を有する. 従ってスクリューと固定剤 (プレート) がロックして一体化するため角度安定性を有し (angular stability), 骨折部の転位が起こりにくく「創内創外固定」と称され粗鬆症骨においても安定した固定性を発揮する. また, 従来のプレートは, 正確にbendingしないと, スクリューを締めていくに従い転位を来したが, LCPは骨に圧迫して固定する必要がなく, bendingも不要で, 骨膜性血行障害も少ない. また, 荷重伝達は, プレートと骨との摩擦力ではなく, プレートとスクリューを介して分散伝達されることとなる¹⁾²⁾⁵⁾⁸⁾¹⁰⁾¹³⁾.

LCPの発展に伴い, 手術手技も従来のORIFからMIPOへと発展してきた. MIPOは「生物学的骨片固定法」の観点から, 骨折部の展開を最小限にし, アライメントの整復保持を目的とした新しい手術手技である. 基本的には, 非観血的に間接的整復を行い, 小皮切を利用して経皮的にプレートを挿入し架橋プレートの手技を応用して骨折部を固定する⁴⁾¹¹⁾. 間接的整復は, 透視や関節鏡を利用して行い, 骨折部の展開を最小限にし, 特に軟部組織の温存に有利である. ただし, 症例によっては骨折部を多少展開して整復操作や骨移植を併用することもある.

次に, 我々のMIPOの適応に関して検討する. 下肢長管骨骨幹部骨折治療において基本的には髓内釘を第一選択としている. しかし, 髓内釘挿入部に挫創を伴う症例や開放骨折など髓内釘が不可能な場合はMIPOの適応と考えている. 骨幹部骨折におけるMIPOの適応は, 単純骨折においては, 圧迫スクリュー+中和プレート固定をMIPOで行うことが可能であり, 多骨片, 複雑骨折においては架橋プレート固定を

MIPO で行う良い適応である。一方、関節内骨折においては従来の ORIF により関節骨片（関節面）の解剖学的整復および早期可動域訓練に耐える強固な固定性が要求される。しかし、部分関節内骨折や完全関節内骨折の一部など症例によっては関節鏡視下整復を併用し MIPO を応用することも可能である³⁾⁷⁾。

MIPO の合併症としては、変形癒合、遷延癒合、深部感染症などがある。今回、症例 1 において変形癒合を認めた（図 1）。原因としては、プレート設置位置の不良、顆部スクリューの長さが短い、Dual Plate の適応であったなど手技的要因が主と考える。この反省をもとに、症例 4 では Dual Plate を施行し現在のところ経過良好である（図 4）。また、症例 2 においては MIPO 術後 1 ヶ月において大腿外側筋層内 MRSA 膿瘍を併発したが、切開洗浄、ドレナージおよびバンコマイシン点滴投与により難治化することなく鎮静化し、プレートも温存しえた。手術を MIPO で行い血行良好な軟部組織が温存されていたがゆえに感染が難治化せず鎮静化した可能性も考えられる。

ま と め

下肢長管骨骨折に対して LCP を用い MIPO を施行した 6 例の治療経験を報告した。概ね経過は良好であるが、1 例に術後変形癒合を認めた。変形癒合の原因は手技的要因が主であると考えられ、MIPO 手術手技の向上が必須である。

参 考 文 献

- 1) Frigg, R.: Locking compression plate; an osteosynthesis plate based on the dynamic compression plate and point contact fixator. *Injury*, 32(Suppl. 2) : 63-66, 2001.
- 2) Gautier, E., Sommer, C.: Guidelines for the clinical application of the LCP. *Injury*, 34(Suppl. 2) : B63-76, 2003.
- 3) Helfet, D. L., et al.: Minimally invasive plate osteosynthesis; part III. *Injury*, 32(Suppl. 1) : SA1-54, 2001.
- 4) 加藤大介, 田中 正: 下肢長管骨骨折に対する MIPO. 整形外科最小侵襲手術ジャーナル, 32 : 49-57, 2004.
- 5) Krettek, C., et al.: Minimally invasive plate osteosynthesis; part I. *Injury*, 28(Suppl. 1) : A1-48, 1997.
- 6) 森川圭造: MIPO 法の基本概念. 整形外科最小侵襲手術ジャーナル, 32 : 15-22, 2004.
- 7) 長野博志, 佐藤 徹: 膝関節周辺骨折に対する MIPO. 整形外科最小侵襲手術ジャーナル, 32 : 31-40, 2004.
- 8) Perren, S. M.: The concept of biological plating using the limited contact-dynamic compression plate. *Injury*, 22(Suppl. 1) : 1-41, 1991.
- 9) Perren, S. M., et al.: Point contact fixator; part I. *Injury*, 26(Suppl. 2) : 1-56, 1995.
- 10) Perren, S. M.: Evolution of the internal fixation of long bone fractures; the scientific basis of biological internal fixation; choosing a new balance between stability and biology. *J. Bone Joint Surg.*, 84-B : 1093-1110, 2002.
- 11) 佐藤 徹, 川上幸雄: 脛骨遠位端骨折に対する MIPO. 整形外科最小侵襲手術ジャーナル, 32 : 41-48, 2004.
- 12) 澤口 毅: Locking Plate System の理論. 整・災外, 47 : 1257-1265, 2004.
- 13) Sommer, C., et al.: First clinical results of the locking compression plate. *Injury*, 34(Suppl. 2) : B43-54, 2003.

- 1) Frigg, R.: Locking compression plate; an osteo-