

原 著

足関節後果骨折に対する後外側アプローチ整復内固定術の治療成績

吉川 淳^{1,2)*}, 鳥尾 哲矢^{1,2)}, 加藤 進太郎^{1,2)},
岡田 信彦^{1,2)}, 根本 学²⁾, 織田 弘美¹⁾

1) 埼玉医科大学病院 整形外科・脊椎外科

2) 埼玉医科大学国際医療センター 救命救急科

緒言：外果骨折や内果骨折に対する治療法はほぼ統一した見解が定着している一方、後果骨折に対する手術方法に関しては議論の余地が多い。三果骨折は両果骨折に比べて外傷性関節症の発症率が高く、その治療成績は明らかに劣っている。従来の手術方法はリガメントタキシスによる間接的整復と前方からのスクリュー固定が汎用されている。これに対して、近年は解剖学的整復を追求した後方アプローチによる直接的整復と後方からのプレート固定が散見されるようになってきた。本研究の目的は後果骨折に対する後外側と前方アプローチの治療成績を比較検討することである。

方法：対象は2007年4月から2018年6月までに後果骨折に対して整復内固定術を施行した33例（後方群16例、前方群17例）とした。調査項目は年齢、性別、受傷機転、AO分類、原口分類、後果関節面の骨片形態、外果骨折・内果骨折の有無、手術待機期間、後果・外果・内果・脛腓靭帯に対する固定方法、術者経験年数、手術時間、術中出血量、ターニケット使用時間、術後6ヵ月時におけるBurwell評価基準による治療成績、および術後合併症とした。

結果：患者背景に関しては両群間に統計学的有意差を認めなかったが、手術待機期間は後方群において有意に長かった（後方群 11 ± 4.2 日、前方群 7 ± 4.3 日、オッズ比0.7, $p=0.025$ ）。Burwell評価基準による解剖学的整復率は後方群において有意に高く（後方群87.5%、前方群52.9%, $p=0.036$ ）、自覚症評価と他覚評価に関しても後方群において優れた傾向であった（後方群87.5%、前方群58.8%, $p=0.071$ ）。術後合併症に関しては、後方群において腓腹神経障害1例、前方群において創部感染1例を認めた。

結論：後果骨折に対する後外側アプローチ整復内固定術は、前方アプローチ整復内固定術と比べて解剖学的整復が得られやすく、良好な治療成績につながると考えられた。特に、後果骨片がdepression typeを呈する場合や手術待機期間が長くなる場合は後外側アプローチを適応すべきと考えられた。

J Saitama Medical University 2020; 46(2): 65-75

(Received January 8, 2019/Accepted November 12, 2019)

Keywords: posterior malleolar fracture, posterolateral approach, anatomical reduction

緒 言

後果骨折は足関節骨折の10~44%に伴い、日常診療でしばしば遭遇する外傷である。しかし、外果骨折や内果骨折に対する治療法は統一した見解が定着している一方、後果骨折に対する手術適応や手術方法に関しては未だ議論の余地が多い。

1980年代後半における論文によると、後果骨折を含む三果骨折は含まない両果骨折に比べて外傷性関節症の発症率が高く、その治療成績も明らかに劣っている^{1,2)}。この時期

における後果骨折の手術方法は、両果骨折の整復固定により得られるリガメントタキシス（靭帯や関節包の牽引による整復方法）を利用した間接的整復であり、前方アプローチによるスクリュー固定が一般的であった。つまり、これらの論文により示唆されたことは、前方アプローチによる解剖学的整復固定は困難であり良好な治療成績を得られない可能性が高いことであった。

近年は後果骨折に関する解剖学的研究や生体力学的研究が重ねられ、直接的整復を目指した後方アプローチによる症例報告が散見されるようになってきた。その中でも後外

*著者連絡先：埼玉医科大学国際医療センター 救命救急科 〒350-1298 埼玉県日高市山根1397-1 Tel：042-984-4111 Fax：042-984-4155
〔平成31年1月8日受付／令和元年11月12日受理〕

○著者全員は本論文の研究内容について他者との利害関係は有しません。

側アプローチは神経血管束による術野制限が少なく、解剖生理学的に有利なアプローチとして認識され始めている³⁾。2017年 Toth らはレビューにおいて、直近10年間に足関節骨折の領域で特に発展した分野を取り上げており、後果骨折固定の必要性和後外側アプローチの重要性について深く言及している⁴⁾。われわれは約5年前より後外側アプローチ整復内固定術を積極的に適用するようになり、臨床場において良好な印象を経験してきた。しかしながら、同アプローチの治療成績についてまとめた論文は少なく、その有用性については未だ明確にされていない。特に、本邦における報告は極めて少なく、後方アプローチ整復内固定術がほとんど普及されていない状況と言える。

本研究の目的は後果骨折に対する後外側アプローチ整復内固定術と前方アプローチ整復内固定術の治療成績を比較検討して、その有用性について文献的考察を加えて報告することである。

方 法

2007年4月1日から2018年6月30日までに埼玉医科大学病院、および埼玉医科大学国際医療センターにおいて治療した後果骨折を含む足関節骨折の症例をデータベースより抽出した。そのうちAO分類44型に分類される後果骨折に対して整復内固定術を施行した症例を調査対象として、後外側アプローチにより整復内固定した症例を後方群、前方アプローチにより整復内固定した症例を前方群に分けて比較検討した。なお、観察期間が6ヵ月未満の症例、あるいは足関節の臨床評価が不十分な症例は対象から除外した。

後方群の術中体位は腹臥位、あるいは側臥位とした。後外側アプローチによりアキレス腱外側を縦切開した後、腓腹神経と小伏在静脈を同定して下腿筋膜を切開した。外果骨折を伴う場合は腓骨筋を内側へ避けてプレートを用いて整復内固定した。後果骨折に対しては長母趾屈筋を内側へ避けて後下脛腓靭帯をヒンジに骨片を反転させ、関節面陥没を直視下に整復して骨欠損部に骨移植を施行した。反転した後果骨片を還納してプレート、スクリューを用いて整復内固定した。最後に内果骨折を伴う場合は内側アプロ

チによりスクリュー、あるいはワイヤーを用いて整復内固定した。一方、前方群の術中体位は仰臥位とした。外果骨折を伴う場合は外側アプローチにより腓骨外側を展開してプレートを用いて整復内固定した。内果骨折を伴う場合は内側アプローチによりスクリュー、あるいはプレートを用いて整復内固定した。最後に後果骨折に対しては前方アプローチにより足関節前面を小切開して、リガメントタキシスで間接的に整復された後果骨片を透視下にスクリューを用いて整復内固定した。骨片サイズや骨片転位量など後果を内固定する適応、およびアプローチの選択に関しては各症例における術者の判断によるものとした。後療法に関しては、両群とも手術翌日より可動域訓練を開始しており、約4週後より部分荷重歩行訓練、約8週後より全荷重歩行訓練を開始した。

調査項目は年齢、性別、受傷機転、AO分類、原口分類 (Fig. 1)⁵⁾、後果関節面の骨片形態、外果骨折合併の有無、内果骨折合併の有無、手術待機期間、手術時期の治療戦略、併存疾患、後果・外果・内果・脛腓靭帯結合に対する固定方法、術者経験年数、手術時間、術中出血量、ターニケット使用時間、術後6ヵ月時におけるBurwell評価基準による治療成績 (Table 1)⁶⁾、および術後合併症とした。

統計学的検定にはMann-Whitney U検定とFisher正確確率検定を用いて $p < 0.05$ を統計学的有意差ありとした。また、Burwell評価基準による治療成績を目的変数、単変量解析で有意差を認めた調査項目を説明変数としてロジスティック回帰分析を行い、治療成績に影響を与える因子について検討した。すべての検定はSPSS Statistics (version 21: IBM社)を用いた。

なお、本研究は埼玉医科大学病院 (申請番号: 18120.01)、および埼玉医科大学国際医療センター (申請番号: 18-223)における倫理審査委員会の承認を得て行った。

結 果

データベースより抽出された足関節後果骨折は117例であり、そのうちAO分類44型に分類される後果骨折に対して整復内固定術を施行した症例は33例であった。手術方法による振り分けは後方群16例と前方群17例であり、



Fig. 1 Axial computed tomography scans demonstrating the three types of posterior malleolar fracture pattern, based on the Haraguchi classification. (A) Posterolateral-oblique type, (B) Medial-extension type, (C) Small-shell type.

Table 1 Burwell criteria were used as the main outcome measurements. (A) Radiographic criteria, (B) Subjective criteria, (C) Objective criteria.

A	B	C
Anatomic •No medial or lateral displacement of the medial and lateral malleoli •No angulation •Not more than 1mm longitudinal displacement of the medial and lateral malleoli •Not more than 2mm proximal displacement of a large posterior fragment •No displacement of the talus Fair •No medial or lateral displacement of the medial and lateral malleoli •No angulation •2-5mm posterior displacement of the lateral malleolus •2-5mm proximal displacement of a large posterior fragment •No displacement of the talus Poor •Any medial or lateral displacement of the medial and lateral malleoli •More than 5mm posterior displacement of the lateral malleolus •More than 5mm displacement of the posterior malleolus •Any residual displacement of the talus	Good Complete recovery apart from possible slight aching after use Fair Aching during use, slight stiffness, ability to walk not seriously impaired Poor Any serious impairment of ability to work or walk, pain	Good Ankle and foot movements at least threequarters normal, trivial swelling, normal gait Fair Ankle and foot movements at least half normal, small amount of swelling, normal gait Poor Ankle and foot movements less than half normal, swelling any visible deformity of ankle, limp

Table 2 Demographics and characteristics. Waiting duration from injury to surgery was significantly longer in the posterior group than in the anterior group. There were no significant differences in the other parameters. PL: posterolateral-oblique type, ME: medial-extension type. *: $p < 0.05$.

	Posterior group (n=16)	Anterior group (n=17)	p value
Age	56 ± 19.5 years (14~80 years)	54 ± 13.0 years (19~70 years)	0.440
Sex	Male: 9 (56.3%) Female: 7 (43.7%)	Male: 11 (64.7%) Female: 6 (35.3%)	0.440
Cause of injury	Fall: 10 (62.5%) Traffic: 6 (37.5%)	Fall: 13 (76.5%) Traffic: 4 (23.5%)	0.310
AO classification	44A: 3 (18.8%) 44B: 11 (68.8%) 44C: 2 (12.4%)	44A: 2 (11.8%) 44B: 14 (82.3%) 44C: 1 (5.9%)	-
Haraguchi classification	PL: 10 (62.5%) ME: 6 (37.5%)	PL: 9 (52.9%) ME: 8 (47.1%)	0.420
Configuration of posterior malleolar fracture	Pure-split: 4 (25.0%) Depression: 12 (75.0%)	Pure-split: 8 (47.1%) Depression: 9 (52.9%)	0.099
Coincidence of lateral malleolar fracture	Present: 13 (81.3%) Absent: 3 (18.7%)	Present: 14 (82.3%) Absent: 3 (17.7%)	0.642
Coincidence of medial malleolar fracture	Present: 13 (81.3%) Absent: 3 (18.7%)	Present: 12 (70.6%) Absent: 5 (29.4%)	0.381
Waiting duration from injury to surgery	11 ± 4.2 days (5~21 days)	7 ± 4.3 days (0~14 days)	0.006 *
Strategy of surgical timing	One-stage: 14 (87.5%) Two-stage: 2 (12.5%)	One-stage: 17 (100%) Two-stage: 0 (0%)	-
Comorbidities	Hypertension 3 Dyslipidemia 1 Diabetes mellitus 3 Heart failure 2 Renal failure 2 Cancer 3 Mental disorder 2 Other 1	Hypertension 2 Dyslipidemia 1 Diabetes mellitus 1 Heart failure 0 Renal failure 1 Cancer 1 Mental disorder 0 Other 4	

* $p < 0.05$

対象除外例はみられなかった。

患者背景を Table 2 に示す。年齢は後方群 56 ± 19.5 歳、前方群 54 ± 13.0 歳であった。性別は後方群では男性 9 例、女性 7 例、前方群では男性 11 例、女性 6 例であった。受

傷機転は後方群では転倒転落 10 例、交通外傷 6 例、前方群では転倒転落 13 例、交通外傷 4 例であった。AO 分類は後方群では 44A 3 例、44B 11 例、44C 2 例、前方群では 44A 2 例、44B 14 例、44C 1 例であった。原口分類は後方

群では posterolateral-oblique type 10 例, medial-extension type 6 例, 前方群では posterolateral-oblique type 9 例, medial-extension type 8 例であり, 両群とも small-shell type に対して内固定は行っていなかった. 後果関節面の骨片形態は後方群では pure-split type 4 例, depression type 12 例, 前方群では pure-split type 8 例, depression type 9 例であった. 外果骨折合併の有無は後方群では有 13 例, 無 3 例, 前方群では有 14 例, 無 3 例であった. 内果骨折合併の有無は後方群では有 13 例, 無 3 例, 前方群では有 12 例, 無 5 例であった. 手術待機期間は後方群 11 ± 4.2 日, 前方群 7 ± 4.3 日であった. 手術時期の治療戦略は後方群では一期的

手術 14 例, 二期的手術 2 例, 前方群では一期的手術 17 例, 二期的手術 0 例であった. 併存疾患は後方群では高血圧 3 例, 脂質異常 1 例, 糖尿病 3 例, 心不全 2 例, 腎不全 2 例, 癌疾患 3 例, 精神疾患 2 例, その他 1 例, 前方群では高血圧 2 例, 脂質異常 1 例, 糖尿病 1 例, 心不全 0 例, 腎不全 1 例, 癌疾患 1 例, 精神疾患 0 例, その他 4 例であった. 手術待機期間に関しては統計学的有意差を認め, その他の調査項目に関しては統計学的有意差を認めなかった.

後方群における各症例の骨折型 (AO 分類, 原口分類), 固定方法 (後果, 外果, 内果, 脛腓靭帯結合), および術後の骨折転位量を Table 3A に示す. 後果骨折に対する固定

Table 3 Each case of fracture patterns and internal fixation methods for posterior malleolus, lateral malleolus, medial malleolus, and tibiofibular syndesmosis. The amount of pre-operative and postoperative fracture displacement was indicated as a step-off of posterior fragment. (A) In the posterior group, (B) In the anterior group.

A							
	AO classification	Haraguchi classification	Posterior malleolus	Lateral malleolus	Medial malleolus	Tibiofibular syndesmosis	Pre-Post. Op step-off (mm)
1	44A3	PL, depression	Lag screw	-	Lag screw	-	4 → 0
2	44A3	PL, depression	Buttress + Lag screw	-	Lag screw	-	2 → 1
3	44A3	ME, depression	Buttress + Lag screw	-	Lag screw	-	6 → 0
4	44B3	PL, pure-split	Lag screw	Antiglide plate	-	-	5 → 1
5	44B3	PL, pure-split	Lag screw	Compress plate	Lag screw	Positioning screw	1 → 0
6	44B3	PL, pure-split	Buttress plate	Antiglide plate	-	-	3 → 0
7	44B3	PL, pure-split	Buttress + Lag screw	Antiglide plate	Lag screw	-	3 → 1
8	44B3	PL, depression	Lag screw	Antiglide plate	Lag screw	-	3 → 0
9	44B3	PL, depression	Buttress plate	Antiglide plate	Tension band wire	-	4 → 1
10	44B3	PL, depression	Buttress + Lag screw	Antiglide plate	Tension band wire	-	4 → 2
11	44B3	PL, depression	Buttress + Lag screw	Antiglide plate	Lag screw	-	3 → 1
12	44B3	ME, depression	Buttress plate	Bridging plate	Lag screw	-	6 → 1
13	44B3	ME, depression	Buttress + Lag screw	Antiglide plate	Lag screw	-	5 → 0
14	44B3	ME, depression	Buttress + Lag screw	Antiglide plate	-	-	5 → 1
15	44C2	ME, depression	Buttress + Lag screw	Compress plate	Lag screw	-	6 → 3
16	44C2	ME, depression	Buttress + Lag screw	Compress plate	Tension band wire	-	3 → 1

B							
	AO classification	Haraguchi classification	Posterior malleolus	Lateral malleolus	Medial malleolus	Tibiofibular syndesmosis	Pre-Post. Op step-off (mm)
1	44A3	PL, depression	Lag screw	-	Lag screw	-	5 → 3
2	44A3	ME, depression	Lag screw	-	Bridging plate	Positioning screw	3 → 1
3	44B3	PL, pure-split	Lag screw	Compress plate	Lag screw	-	5 → 0
4	44B3	PL, pure-split	Lag screw	Bridging plate	Bridging plate	-	2 → 2
5	44B3	PL, pure-split	Lag screw	Bridging plate	Bridging plate	-	2 → 2
6	44B3	PL, pure-split	Lag screw	Compress plate	-	-	1 → 0
7	44B3	PL, depression	Lag screw	Compress plate	Lag screw	-	7 → 3
8	44B3	PL, depression	Lag screw	Compress plate	Lag screw	-	2 → 1
9	44B3	PL, depression	Lag screw	Compress plate	Lag screw	Positioning screw	7 → 1
10	44B3	ME, pure-split	Lag screw	Compress plate	-	-	4 → 3
11	44B3	ME, pure-split	Lag screw	Bridging plate	Bridging plate	-	2 → 0
12	44B3	ME, pure-split	Lag screw	Compress plate	-	Positioning screw	1 → 0
13	44B3	ME, depression	Lag screw	Compress plate	Bridging plate	-	1 → 1
14	44B3	ME, depression	Lag screw	Compress plate	-	-	6 → 5
15	44B3	ME, depression	Lag screw	Bridging plate	-	-	3 → 3
16	44B3	ME, depression	Lag screw	Bridging plate	Lag screw	-	5 → 3
17	44C2	PL, pure-split	Lag screw	-	Lag screw	-	2 → 1

方法はバットレスプレートとラグスクリュー併用9例、バットレスプレート単独3例、ラグスクリュー単独4例であった。外果骨折に対してはアンチグライドプレート9例、コンプレッションプレート3例、ブリッジングプレート1例であった。内果骨折に対してはラグスクリュー10例、テンションバンドワイヤリング3例であった。脛腓靭帯結合離開に対してはポジショニングスクリュー1例であった。

前方群における各症例の骨折型（AO分類，原口分類），固定方法（後果，外果，内果，脛腓靭帯結合），および術前後の骨折転位量を Table 3B に示す。後果骨折に対する固定方法はラグスクリュー単独が全例であった。外果骨折に対してはコンプレッションプレート9例，ブリッジングプレート5例であった。内果骨折に対してはラグスクリュー7例，ブリッジングプレート5例であった。脛腓靭帯結合離開に対してはポジショニングスクリュー3例であった。

治療成績を Table 4 に示す。術者経験年数は後方群 12 ± 3.2 年，前方群 12 ± 2.5 年であった。手術時間は後方群 227 ± 91.0 分，前方群 195 ± 78.8 分であった。術中出血量は後方群 134 ± 109.0 ml，前方群 68 ± 65.3 ml であった。ターニケット使用時間は後方群 69 ± 73.9 分，前方群 108 ± 71.4 分であった。術後6ヵ月時における Burwell 評価基準による X 線評価は後方群では anatomic 14 例，fair/poor 2 例，前方群では anatomic 9 例，fair/poor 8 例であった。自覚評価は後方群では good 14 例，fair/poor 2 例，前方群では good 10 例，fair/poor 7 例であった。他覚評価は後方群では good 14 例，fair/poor 2 例，前方群では good 10 例，fair/poor 7 例であった。術後合併症は後方群において腓腹神経損傷1例，前方群において創部感染1例を認めた。術中出血量と X 線評価に関しては統計学的有意差を認め，その他の調査項目に関しては統計学的有意差を認めなかった。

Burwell 評価基準による X 線評価を目的変数にして，手術アプローチと手術待機期間と術中出血量を説明変数にしたロジスティック回帰分析の結果を Table 5 に示す。手術アプローチ（オッズ比：33.3，95%信頼区間：1.93～573.7）と手術待機期間（オッズ比：0.76，95%信頼区間：0.59～0.97）において統計学的有意差を認めたが，術中出血量（オッズ比：1.00，95%信頼区間：0.99～1.01）に有意差はみられなかった。

症例供覧

73 歳，女性。階段から転落後に右足関節痛を訴えて救急搬送された。AO 分類 44B3 の三果骨折を認め，後果骨折は特徴的な三角形の骨片（Volkman 骨折）を呈していた（Fig. 2）。CT 水平断では posterolateral-oblique type，CT 矢状断では depression type の後果骨折であり，関節内介在骨片と距骨後方亜脱臼を認めた（Fig. 3）。受傷当日は軟部組織損傷が強かったため腫脹軽減を目的とした一時的創外固定を施行して，受傷後 13 日目に後外側アプローチ整復内固定術を施行した。全身麻酔下に手術体位を腹臥位とした。下腿前面にクッションを設置することにより術中透視側面像を見

Table 5 Multivariate analysis of factors for postoperative radiographic outcome. The data indicated significant differences in surgical approach and waiting duration but not in blood loss. OR: odds ratio, CI: confidence interval. *: $p < 0.05$.

	OR	95% CI	p value
Surgical approach	33.25	1.93 - 573.70	0.016 *
Waiting duration	0.76	0.59 - 0.97	0.025 *
Blood loss	1.00	0.99 - 1.01	0.874

* $p < 0.05$

Table 4 Intraoperative and postoperative outcomes. The average estimated blood loss was significantly higher in the posterior approach. However, radiographic analysis showed significantly better quality of reduction in the posterior group. There was also a trend toward improved outcome for the posterior group in the subjective and objective criteria. *: $p < 0.05$.

	Posterior group (n=16)	Anterior group (n=17)	p value
Surgeon experience	12 ± 3.2 years (7~17 years)	12 ± 2.5 years (7~17 years)	0.533
Surgical time	227 ± 91.0 min. (94~440 min.)	195 ± 78.8 min. (52~314 min.)	0.345
Blood loss	134 ± 109.0 ml (10~324 ml)	68 ± 65.3 ml (15~230 ml)	0.023 *
Tourniquet time	69 ± 73.9 min. (0~227 min.)	108 ± 71.4 min. (0~201 min.)	0.146
Radiographic criteria	Anatomic: 14 (87.5%) Fair /Poor: 2 (12.5%)	Anatomic: 9 (52.9%) Fair /Poor: 8 (47.1%)	0.036 *
Subjective criteria	Good: 14 (87.5%) Fair /Poor: 2 (12.5%)	Good: 10 (58.8%) Fair /Poor: 7 (41.2%)	0.071
Objective criteria	Good: 14 (87.5%) Fair /Poor: 2 (12.5%)	Good: 10 (58.8%) Fair /Poor: 7 (41.2%)	0.071
Complications	Sural nerve disorder: 1	Surgical site infection: 1	-

* $p < 0.05$

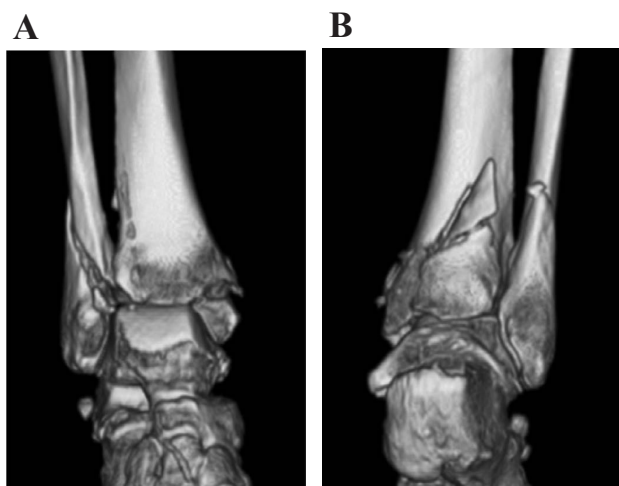


Fig. 2 Preoperative three-dimensional computed tomography scans showed a trimalleolar fracture type 44B3 according to AO classification. Note the big posterior Volkmann triangle. (A) Anterior aspect of the ankle joint, (B) Posterior aspect of the ankle joint.

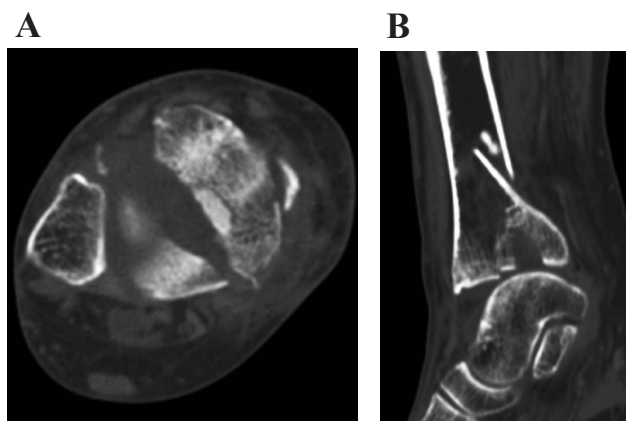


Fig. 3 Preoperative axial and sagittal computed tomography scans showed a posterolateral-oblique fracture with a depression configuration. Note the impacted osteochondral fragment and the posterior subluxation of the talar dome.

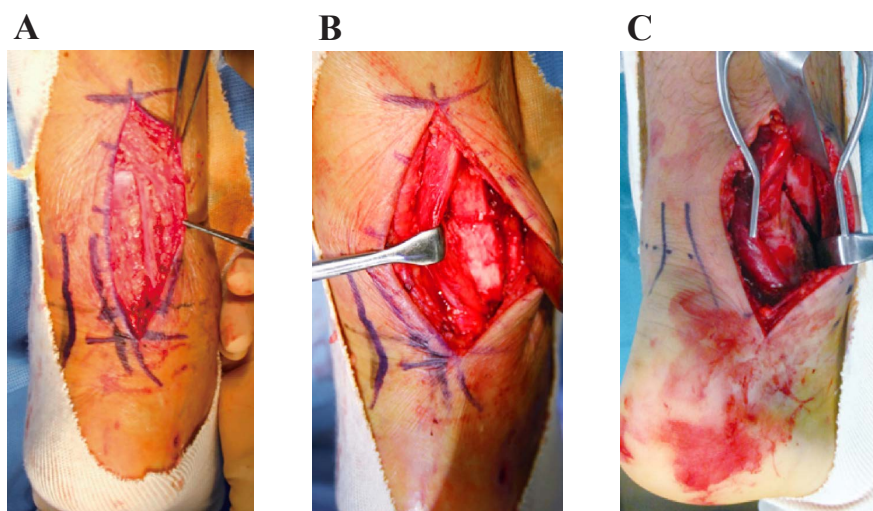


Fig. 4 Intraoperative photographs of the surgical incision for the posterolateral approach. The incision lied between the posterior border of the fibula and the lateral edge of the Achilles tendon. The subcutaneous dissection was done carefully to identify the sural nerve and the lesser saphenous vein (A). The flexor hallucis longus tendon was retracted medially to expose the posterior malleolus (B), and the peroneal tendon was retracted medially to expose the lateral malleolus (C).

やすくさせ、なおかつ足関節背屈を十分可能になるよう工夫した。皮膚切開はアキレス腱外側縁より1横指外側に約7 cm 縦切開して、皮下に走行する腓腹神経と小伏在静脈を同定した。下腿筋膜切開後に長母趾屈筋を内側へ避けて後果骨折部を展開して、続いて腓骨筋を内側へ避けて外果骨折部を展開した (Fig. 4)。後果骨折の整復に先立って、外果骨折の直視下整復とアンチグライドプレート固定を施行した。後果骨折に対しては、後下脛腓靭帯をヒンジにして骨片を open-book に反転することで関節内介在骨片を直視可能にした (Fig. 5)。陥没した介在骨片を後果関節面へ整復して、キャニュレイテッドドラグスクリューのガイドピンを用いて仮固定した。骨幹端部に生じた骨欠損部には自家

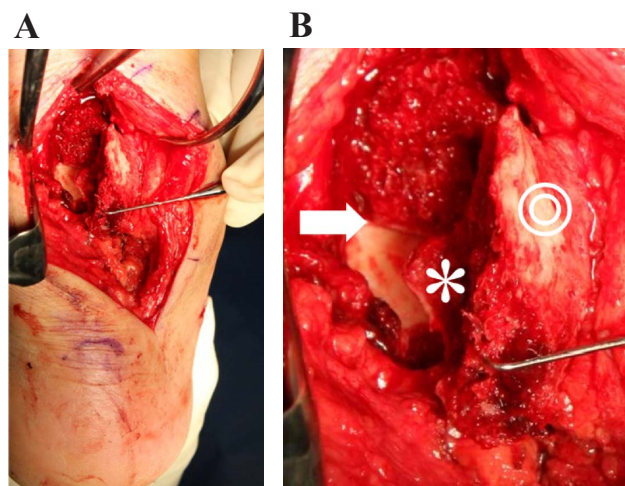


Fig. 5 Intraoperative photograph of the surgical exposure for the posterolateral approach (A), and the enlarged photograph (B). Using the posterior inferior tibiofibular ligament as a hinge, the posterior malleolus was rotated out of the way allowing better visualization of the posterior joint and the tibial impaction. ◎: Rotated posterior malleolus, *: Impacted osteochondral fragment, ⇨: Uninjured tibiotalar joint surface

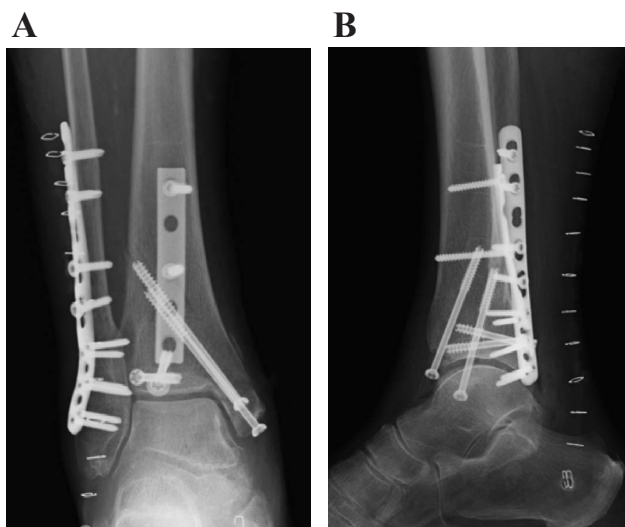


Fig. 6 Postoperative anteroposterior and lateral radiographs showed an adequate congruency of the ankle joint. Posterior malleolus fixation was performed using a buttress plate and posterior-to-anterior lag screws. Lateral malleolar fracture was fixed with an antiglide plate, and medial malleolar fracture was fixed with lag screws.

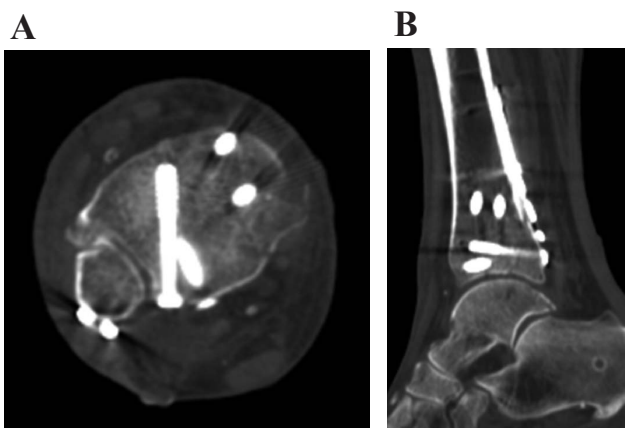


Fig. 7 Postoperative computed tomography scans showed an anatomic reduction of the posterior malleolar fracture. The impacted osteochondral fragment and the posterior subluxation of the talar dome were also reduced.

腸骨海綿骨を移植した。反転した後果骨片を還納した後、ガイドピンを前方へ押し進めることで骨折部を仮固定した。ガイドピン越しに 4.0 mm ラグスクリュー 2 本で固定して、骨片近位には 1/3 円プレートによるバットレスプレート固定を追加した。最後に、内果骨折に対しては内側アプローチによるラグスクリュー固定を施行した (Fig. 6)。術後 CT では介在骨片を含めて関節面の良好な整復がみられ、距骨後方亜脱臼も整復されていた (Fig. 7)。Burwell 評価基準による X 線評価は anatomic であり、自覚評価と他覚評価はいずれも good であった。

考 察

足関節骨折の中でも後果骨折を含む三果骨折の治療成績

は決して良好とは言えず^{1,2)}、その治療法に関しては未だ統一した見解が得られていない。従来の標準的手術方法は前方アプローチ整復内固定術であり、リガメントタキシスによる間接的整復と前方からのラグスクリュー固定が最も汎用されている。しかし、この方法は間接的整復であるゆえに関節内血腫や介在骨片を要因とする整復不良が危惧され、さらに小骨片や脆弱骨においては固定不良も懸念されている。これに対して、近年は後果骨折の解剖学的整復を追求したアプローチが散見されるようになってきた。その中でも後外側アプローチは神経血管束による術野制限が少ないため直視下整復を容易にさせ、なおかつバットレスプレート固定を適用できる観点から後果骨折に対する有利なアプローチとして普及され始めている。しかしながら、前方アプローチと比較した論文は極めて少なく、後外側アプローチの有用性については未だ明確にされていない。

解剖学的整復を比較した臨床研究として、われわれが渉猟し得た範囲では 3 編の論文があり、後外側アプローチによる直接的整復が前方アプローチによる間接的整復に比べて優れていた報告がみられる。1996 年 Huber らは後果骨折 54 例 (後外側 30 例, 前方 24 例) を X 線評価した結果, step-off 2 mm 未満に整復できた割合は後外側アプローチ 90.0%, 前方アプローチ 79.2% と報告している⁷⁾。同様に, 2017 年 Vidovic らも後果骨折 46 例 (後外側 24 例, 前方 22 例) を X 線評価した結果, step-off 2 mm 未満に整復できた割合は後外側アプローチ 95.9%, 前方アプローチ 77.2% と報告している⁸⁾。また, 2017 年 Shi らは後果骨折 116 例 (後外側 64 例, 前方 52 例) を CT 評価した結果, step-off 2 mm 未満に整復できた割合は後外側アプローチ 92.2%, 前方アプローチ 82.7% と報告している⁹⁾。

本研究においては Burwell 評価基準による X 線評価を用いており, anatomic に値する step-off 2 mm 未満に整復できた割合は後外側アプローチ 87.5%, 前方アプローチ 52.9% であった。前方アプローチによる整復率が過去の報告に比べて低かった理由の一つとして、本研究の調査対象に depression type の骨片形態が多く含まれていた可能性が考えられた。本研究において解剖学的整復の得られなかった fair/poor 10 例のうち 7 例が depression type の後果骨折であった。一方、後方群は前方群よりも depression type の割合が高かったにもかかわらず (後方群: 75.0% vs 前方群: 52.9%), 過去の報告と比べて遜色のない解剖学的整復が得られていた。これらの結果から、特に depression type に対してはリガメントタキシスによる間接的整復の限界があり、後方アプローチによる直接的整復の必要性が示唆された。また、手術待機期間に関しても後方群 11 ± 4.2 日, 前方群 7 ± 4.3 日と統計学的有意差がみられており、多変量解析の結果から整復率に関与した因子の一つであった。後方群において手術待機期間が長くなった理由として、二期的手術の割合が高かった結果を考慮すると (後方群: 12.5% vs 前方群: 0%), 受傷時軟部組織損傷の程度に差が生じていた可能性が推測された。手術待機期間の長くなっ

た後方群では解剖学的整復を獲得しづらい状態にもかかわらず（オッズ比：0.7），前方群に比べて anatomic 割合が有意に高い結果であった．この結果は手術待機せざるを得ない状況においても後方アプローチによる直接的整復であれば解剖学的整復を期待できることが示唆された．実際の臨床においては足関節骨折に随伴する軟部組織腫脹がしばしば問題となり，手術侵襲による二次的軟部組織損傷を考慮して即時内固定術を回避すべき状況に遭遇することがある．あるいは，多発外傷など全身管理を優先すべき状態では足関節骨折に対して待機手術を余儀なくされる状況に遭遇することも経験する．このように手術待機期間が長くなる場合，リガメントタキシスで整復できる骨片形態と予測しても後方アプローチによる直接的整復の方が望ましいと考えられた．

固定強度を比較した生体力学的研究として，われわれが渉猟し得た範囲では3編の論文があり，後方からのバットレスプレートが前方からのラグスクリュウに比べて優れていた報告がみられる．2011年Liらは36屍体を骨片サイズにより3グループ（25%，33%，50%）に分けて軸圧負荷を加えた結果，固定位を維持できる最大強度はバットレスプレートの方がラグスクリュウより有意に高かったと報告している¹⁰⁾．また，2016年Bennettらは14屍体を medial-extension type に作製して反復負荷を加えた結果，骨折転位量はバットレスプレートの方がラグスクリュウより有意に低かったと報告している¹¹⁾．しかし，2017年Wangらは36屍体を posterolateral-oblique type に作製して反復負荷を加えた結果，骨折転位量はバットレスプレートとラグスクリュウで有意差はなかったと報告している¹²⁾．骨片サイズや骨折形態など実験モデルにより異なった結果が得られているが，少なくともバットレスプレートの固定強度がラグスクリュウに比べて劣っている結果は報告されていない．本研究における後方群16例のうち，バットレスプレートを適用しなかった症例は4例であった．いずれも posterolateral-oblique type であり治療経過中に骨折転位を生じることはなかった．すべての後果骨折に対してバットレスプレートが必須とは言えないが，medial-extension type のほか小骨片や脆弱骨などラグスクリュウでは十分な固定が得られないと予測される後果骨折に対しては後方アプローチによるバットレスプレート固定が望ましいと考えられた．

治療成績を比較した臨床研究として，われわれが渉猟し得た範囲では3編の論文があり，後外側アプローチ整復内固定術が前方アプローチ整復内固定術に比べて優れていた報告がみられる．2015年O'Connorらは後果骨折27例（後外側16例，前方11例）に対して Short Musculoskeletal Function Assessment score（SMFA）を用いて後方視的に調査した結果，後外側アプローチが前方アプローチに比べて bother index が有意に低く，functional index と mobility subscore においても低い傾向にあったと報告している¹³⁾．また，2017年Shiらは後果骨折89例（後外側48例，前方41例）に対して American Orthopaedic Foot & Ankle Society question-

naire（AOFAS）を用いて前方視的に調査した結果，後外側アプローチが前方アプローチに比べて有意に高く優れていたと報告している⁹⁾．同様に，2018年Kalemらも後果骨折67例（後外側47例，前方20例）に対してAOFASを用いて後方視的に調査した結果，後外側アプローチが前方アプローチに比べて有意に高く優れていたと報告している¹⁴⁾．本研究においては後果骨折33例（後外側16例，前方17例）に対してBurwell評価基準を用いて後方視的に調査した結果，後外側アプローチが前方アプローチに比べて自覚評価と他覚評価ともに優れた傾向にあった．Burwell評価基準における自覚評価と他覚評価は疼痛，腫脹，可動域，および歩行能力によって決定されており，本研究において fair/poor に区分された主な理由は疼痛と腫脹の残存であった．fair/poor に区分された9例中8例がX線評価においても fair/poor であり，解剖学的整復の有無が自覚症状や他覚症状の残存に関与していると推測された．また，過去の論文においても可動域に関しては両群間に有意差はなく^{8,9,13,14)}，後外側アプローチにおける長母趾屈筋や腓骨筋の展開操作による悪影響は少ないと考えられた．

術後合併症に関する臨床研究としては様々な症例報告が散見されている．後外側アプローチの術中体位は腹臥位，あるいは側臥位になるため麻酔管理において様々な周術期合併症を生じやすいことが知られている¹⁵⁾．リスク因子として高血圧，脂質異常，糖尿病，腎不全などの併存疾患が挙げられており，術者の対策として手術時間の短縮が求められる．われわれの対策としては，症例供覧で述べたように患側の下腿前面にクッションを設置する工夫を取り入れている．これにより足関節背屈が十分可能になり後果骨折の整復操作を容易にさせるほか，健側下肢に障害されることなく透視側面像が観察でき，内果骨折の整復固定時にも十分な術野が確保されやすくなる．2017年Hamidらは透過性の三角枕を用いて同様の工夫を報告している¹⁶⁾．また，後外側アプローチに特有な合併症としては腓腹神経損傷が挙げられる．2009年Forbergerらは45例中2例，2015年Choiらは50例中2例に腓腹神経損傷を合併したと報告している^{17,18)}．本研究においては16例中1例に合併しており，足背外側から小趾にかけて異常知覚が残存した．下腿遠位部において腓腹神経は皮下組織内を走行しているため，皮下展開時には鈍的剥離による慎重な神経同定に努め，伴走する小伏在静脈とともに温存すべきである．さらに，閉創時に誤って腓腹神経を縫合した報告もみられ，展開時のみならず閉創時にも細心の注意が必要と考えられた¹⁹⁾．そのほか，プレート設置による長母趾屈筋腱の滑動障害が挙げられる．2017年神成らは脛骨遠位端骨折に対するロッキングプレート設置後の母趾伸展制限を報告しており，プレート抜去後に伸展制限が改善されたことから長母趾屈筋腱のインピンジメントと考察している²⁰⁾．後果骨折に適用するバットレスプレートはロッキングプレートと異なり，1/3円プレートなど厚みの少ないプレートを選択するため長母趾屈筋腱への影響は少ないと推測されるが，後果骨折

に対してもプレート選択と設置位置には注意が必要と考えられた。一方、本研究の前方アプローチにおいて合併した創部感染は後外側アプローチにおいては観察されなかった。過去の報告においても後外側アプローチ整復内固定術の創部感染率は著しく低く、2015年Choiらは50例中0例、2016年Verhageらは52例中0例と深部感染を合併しなかったことを報告している^{18,21)}。1999年Konrathらは下腿後方が筋肉組織に富み、長母趾屈筋の存在が感染軽減に重要な役割を果たしていると考えられており、後外側アプローチの大きな利点の一つと考えられた³⁾。

以上の考察を踏まえて本研究を通じた後外側アプローチの利点をまとめると、後果骨片がdepression typeを呈する場合や手術待機期間が長くなる場合など整復困難が予測される症例に対しても解剖学的整復を得られやすいこと、バットレスプレートによる強固な固定が可能なこと、同一アプローチで腓骨骨折の整復固定が可能なこと、さらに創部感染など軟部組織に関する術後合併症が少ないことが挙げられる。一方、後外側アプローチの欠点としては、腹臥位や側臥位など術中体位の制限があること、展開時や閉鎖時の腓腹神経損傷、あるいはプレート刺激による長母趾屈筋腱損傷の可能性が挙げられる。

足関節後果骨折の手術方法として後外側アプローチ整復内固定術は非常に有用な選択肢と考察される一方、前方アプローチ整復内固定術を選択すべき症例が存在することも念頭におく必要がある。例えば、腹臥位や側臥位により麻酔管理にリスクを伴う症例、あるいは足関節後面に皮膚軟部組織損傷を伴っている症例に対しては前方アプローチの適応を考慮すべきである。また、pure-split typeに対しては早期手術によってリガメントタキシスによる解剖学的整復が期待でき、さらに小骨片や脆弱骨ではない posterolateral-oblique typeであれば前方からのラグスクリューで十分な固定力が得られると推測される。近年は後外側や前方アプローチのほか後内側アプローチの有用性も報告されるようになり^{22,23)}、各アプローチの利点と欠点を把握しておく必要がある。そして、各症例における骨折形態や皮膚軟部組織損傷の状態を考慮して適切なアプローチを選択すべきと考えられた。

本研究の問題点として、症例数の少ない後方視的研究のため統計学的解析による科学的根拠に乏しいこと、調査対象が限定できていないこと、最終評価時期が短期であることが挙げられる。具体的には診療録データによる後方視的研究であるため、治療成績に関してSMFAやAOFASなど信頼性の高い評価法に呼応できず、Burwell評価基準を用いたことはEBMに基づいた治療の有用性を実証するに至らない点を強調しなければならない。つまり、Burwell評価基準では患者立脚型の主観的評価に乏しく、画像に関してはX線評価であるためgapの定量的評価が十分でないこと、可動域に関しても定性的評価であるため厳密な評価でないことを考慮する必要がある。特に、Burwell評価基準ではstep-off 2 mm未満をanatomicと評価するのに対して、

本論文で引用した過去の報告においてはstep-off 1 mm未満をexcellent^{8,9)}、あるいはstep-off 0 mmをanatomicalと評価しており⁷⁾、筆者が論文間比較をするため便宜上step-off 2 mm未満を良好な整復位と定めていることに留意していただきたい。今後の課題として、信頼性の高い評価法を用いた治療成績の報告、ならびに症例の蓄積とともに調査対象をdepression typeに限定して後方アプローチの適応を検討すべきであり、さらには長期観察による外傷性関節症の発症率についても検討すべきと考えられた。

結 論

後果骨折に対する後外側アプローチ整復内固定術16例と前方アプローチ整復内固定術17例の治療成績を比較検討した。後外側アプローチは前方アプローチと比べて、良好な整復位を得られやすく治療成績の向上に繋がることが明らかになった。特に、後果骨片がdepression typeを呈する場合や手術待機期間が長くなる場合には、間接的整復では不十分な整復になりやすいため、直接的整復を可能にする後外側アプローチを適応すべきと考えられた。

謝 辞

本論文の作成にあたり、データベース作成に協力していただいた鈴木景子先生（埼玉医科大学病院整形外科・脊椎外科）、ならびに英語翻訳に協力していただいたBryan W. Cunningham, Ph.D. (MedStar Union Memorial Hospital Department of Orthopaedic Surgery) に感謝を申し上げます。

引用文献

- 1) Lindsjo U. Operative treatment of ankle fracture-dislocations: a follow-up study of 306/321 consecutive cases. Clin Orthop Relat Res 1985; 199: 28-38.
- 2) Jaskulka RA, Ittner G, Schedl R. Fractures of the posterior tibial margin: their role in the prognosis of malleolar fractures. J Trauma 1989; 29: 1565-70.
- 3) Konrath GA, Hopkins G 2nd. Posterolateral approach for tibial pilon fractures: a report of two cases. J Orthop Trauma 1999; 13: 586-9.
- 4) Toth MJ, Yoon RS, Liporace FA, Koval KJ. What's new in ankle fractures. Injury 2017; 48: 2035-41.
- 5) Haraguchi N, Haruyama H, Toga H, Kato F. Pathoanatomy of posterior malleolar fractures of the ankle. J Bone Joint Surg 2006; 88A: 1085-92.
- 6) Burwell HN, Charnley AD. The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement. J Bone Joint Surg 1965; 47B: 634-60.
- 7) Huber M, Stutz PM, Gerber C. Open reduction and internal fixation of the posterior malleolus with a posterior antiglide plate using a postero-lateral approach: a preliminary report. Foot Ankle Surg 1996; 2: 95-103.

- 8) Vidovic D, Elabjer E, Muskardin I, Milosevic M, Bekic M, Bakota B. Posterior fragment in ankle fractures: anteroposterior vs posteroanterior fixation. *Injury* 2017; 48 (suppl): S65-9.
- 9) Shi HF, Xiong J, Chen YX, Wang JF, Qiu XS, Huang J, et al. Comparison of the direct and indirect reduction techniques during the surgical management of posterior malleolar fractures. *BMC Musculoskelet Disord* 2017; 18: 109.
- 10) Li YD, Liu SM, Jia JS, Zhou JL. Choice of internal fixation methods for posterior malleolus fracture in both biomechanics and clinical application. *Beijing Da Xue Xue Bao* 2011; 43: 718-23.
- 11) Bennett C, Behn A, Daoud A, Nork S, Sangeorzan B, Dikos G, et al. Buttress plating versus anterior-to-posterior lag screws for fixation of the posterior malleolus: a biomechanical study. *J Orthop Trauma* 2016; 30: 664-9.
- 12) Wang X, Yin J, Zhang C, Wang C, Geng X, Ma X, et al. Biomechanical study of screw fixation and plate fixation of a posterior malleolar fracture in a simulation of the normal gait cycle. *Foot Ankle Int* 2017; 38: 1132-8.
- 13) O'Connor TJ, Mueller B, Ly TV, Jacobson AR, Nelson ER, Cole PA. A to p screw versus posterolateral plate for posterior malleolus fixation in trimalleolar ankle fractures. *J Orthop Trauma* 2015; 29: e151-6.
- 14) Kalem M, Sahin E, Songur M, Keser S, Kinik H. Comparison of three posterior malleolar fixation methods in trimalleolar ankle fractures. *Acta Orthop Belg* 2018; 84: 203-12.
- 15) Kwee MM, Ho YH, Rozen WM. The prone position during surgery and its complications: a systematic review and evidence-based guidelines. *Int Surg* 2015; 100: 292-303.
- 16) Hamid KS, Dekker TJ, White PW, Adams SB. Radiolucent triangle as a positioning tool to simplify prone ankle fracture surgery. *Foot Ankle Spec* 2017; 10: 51-4.
- 17) Forberger J, Sabandal PV, Dietrich M, Gralla J, Lattmann T, Platz A. Posterolateral approach to the displaced posterior malleolus: functional outcome and local morbidity. *Foot Ankle Int* 2009; 30: 309-14.
- 18) Choi JY, Kim JH, Ko HT, Suh JS. Single oblique posterolateral approach for open reduction and internal fixation of posterior malleolar fractures with an associated lateral malleolar fracture. *J Foot Ankle Surg* 2015; 54: 559-64.
- 19) Sandelin H, Tukiainen E, Ovaska M. Amputation following internal fixation of an ankle fracture via the posterolateral approach: a case report. *Acta Orthop* 2017; 88: 358-60.
- 20) 神成文裕, 鳥尾哲矢, 吉川淳, 木村文彦, 鈴木景子, 織田弘美. 前外側用ロッキングプレートを用いて後方固定した脛骨遠位端骨折の1例. *骨折* 2017; 39: 415-9.
- 21) Verhage SM, Boot F, Schipper IB, Hoogendoorn JM. Open reduction and internal fixation of posterior malleolar fractures using the posterolateral approach. *Bone Joint J* 2016; 98B: 812-7.
- 22) Hoekstra H, Rosseels W, Rammelt S, Nijs S. Direct fixation of fractures of the posterior pilon via posteromedial approach. *Injury* 2017; 48: 1269-74.
- 23) Assal M, Pastor MD, Ray A, Stern R. How to get to the distal posterior tibial malleolus? A cadaveric anatomic study defining the access corridors through 3 different approaches. *J Orthop Trauma* 2017; 31: e127-9.

Surgical results of open reduction and internal fixation using a posterolateral approach for posterior malleolar fractures

Jun Kikkawa^{1,2)*}, Tetsuya Torio^{1,2)}, Shintaro Kato^{1,2)},
Nobuhiko Okada^{1,2)}, Manabu Nemoto²⁾, Hiromi Oda¹⁾

1) Department of Orthopaedic Surgery, Saitama Medical University Hospital

2) Department of Emergency and Trauma Care, Saitama International Medical Center

Background & Objectives: While the treatment of lateral and medial malleolar fractures is well established, several controversies exist in the management of posterior malleolar fractures. The involvement of the posterior malleolus in fractures of the ankle adversely affects the functional outcome and may be associated with the development of post-traumatic osteoarthritis. Although anatomical reduction is one of the predictors of successful outcomes, the most common method of fixation of the posterior malleolus is by indirect reduction and anteroposterior screws via an anterior approach. The purpose of this study was to compare radiographic and functional outcomes of posterior malleolar fractures treated with direct reduction via a posterolateral approach versus indirect reduction via an anterior approach.

Materials and Methods: We retrospectively analyzed 33 patients with posterior malleolar fractures who underwent open reduction and internal fixation using either posterolateral or anterior approaches between April 2007 and June 2018. Fixation of the posterior malleolus was made with buttress plate and/or posterior-to-anterior screws in 16 patients using the posterolateral approach, and anterior-to-posterior screws in 17 patients using the anterior approach. Demographic data, type of fracture, internal fixation method, surgeon experience, surgical time, blood loss, tourniquet time, postoperative complication, and Burwell criteria (including radiographic, subjective, and objective criteria) were used as the main outcome measurements, and results were evaluated at the 6-month follow-up visit.

Results: Demographic data were similar between groups, but the waiting duration from injury to surgery in the posterolateral group was significantly longer than in the anterior group (11 ± 4.2 days vs 7 ± 4.3 days, odd ratio: 0.7, $p=0.025$). Despite this increase in the waiting period, the posterolateral group demonstrated a significantly superior reduction compared to the anterior group (87.5% vs 52.9%, $p=0.036$) and indicated trends toward improvement in the subjective outcome (87.5% vs 58.8%, $p=0.071$) and objective outcome (87.5% vs 58.8%, $p=0.071$). As a postoperative complication, one patient showed signs of sural nerve disorder in the posterolateral group but with no evidence of wound dehiscence. In contrast, one patient in the anterior group did present with surgical site infection.

Conclusions: We concluded that the direct reduction technique via a posterolateral approach enables a better quality of reduction and better functional outcome in the management of the posterior malleolar fracture compared with the indirect technique via an anterior approach. Especially in cases of depressed fracture or late timing of surgery, the posterolateral approach should be adopted as an optimal treatment.