

Key Words : osteonecrosis of femoral head, avascular necrosis, free vascularized fibular grafting, microsurgery, vascular anastomosis (大腿骨頭壊死, 無腐性壊死, 遊離血管柄付き腓骨移植, 微小外科, 血管吻合)

<原 著>

大腿骨頭壊死症に対する遊離血管柄付き腓骨移植術の中期成績

深澤克康*・西村 健*・菅原留奈*・小林康一*

Mid-term Results of Free Vascularized Fibular Grafting for the Treatment of Osteonecrosis of the Femoral Head

Katsuyasu FUKASAWA, M.D.*, Ken NISHIMURA, M.D.*,
Runa SUGAWARA M.D.*, Koichi KOBAYASHI, M.D.*

**Department of Orthopaedic Surgery, Kanto Rosai Hospital*

Osteonecrosis of the femoral head (ONFH) is a devastating disease that affects young adults. Joint-preserving surgery is important. Free vascularized fibular grafting (FVFG) is a joint-preserving surgery that has been reported to be successful for patients with early stages of osteonecrosis. We retrospectively reviewed the results in seven patients (ten hips) who had undergone FVFG for the treatment of ONFH between 2011 and 2020 in our institution. The average duration of follow-up was 5.2 years (range, 3-12 years). The Japanese Orthopaedic Association Score improved from 63 to 82 points at the time of the final follow-up evaluation. One hip was converted to total hip arthroplasty after 3 years; however, all other hips survived and pain-free good range of motion was restored. Complications were: five patients had flexion contracture of flexor hallucis longus, one had undisplaced proximal femoral fracture, and one had lateral femoral skin nerve palsy. FVFG is an essential salvage procedure of ONFH, especially in younger patients in the early precollapse stages of osteonecrosis.

序 文

大腿骨頭壊死症 (osteonecrosis of the femoral head : ONFH) は大腿骨頭の圧潰変形が生じると非可逆的に進行し歩行困難となる重篤な疾患であり, 青・壮年期に好発する。そのため骨頭温存手術が望ましく, 骨頭温存手術には core depression や骨切り術, 有茎血管柄付き腸骨移植術, そして遊離血管柄付き腓骨移植術 (free vascularized fibular grafting; FVFG) などがある。

2019年初版のONFH診療ガイドラインにお

ける「血管柄付き骨移植は有効か」という clinical question では推奨度 2 と, 骨切り術と同等であるものの合意率は 93%にとどまっており, 病期により良好な臨床成績が報告されているが, その臨床成績は一定していないとのコメントがある^{1,2)}。また公益財団法人難病医学研究財団が運営 (厚生労働省補助事業) し, 難病患者および家族, 医療関係者に対して必要な情報をインターネットで提供することを使命としている難病情報センターは, 難病指定した特発性 ONFH の手術法として, 大腿骨内反骨切り術, 大腿骨頭回転骨切り術, そ

* 関東労災病院整形外科

受付日 : 2023 年 3 月 18 日 受理日 : 2023 年 6 月 12 日

表1 対象と内訳

症例数	2011～2020年に行ったFVFG 7症例10関節	
性別	男性7例	
罹患数	片側：4例，両側：3例	
手術時年齢	平均36(24～44)歳	
経過観察期間	平均5.2(3～12)年	
病因	特発性：	4関節
	ステロイド性：	2関節
	アルコール性：	2関節
	外傷性：	2関節
病期分類	stage 1：	1関節
	stage 2：	4関節
	stage 3A：	3関節
	stage 3B：	2関節
病型分類	type C1：	2関節
	type C2：	8関節

して人工股関節置換術 (total hip arthroplasty; THA) をホームページに提示しているが、血管柄付き骨移植術はない³⁾。果たして血管柄付き骨移植術は、「しなくてもよい治療」なのだろうか。

われわれは、青壮年期のONFHに対してFVFGを行ってきたので、その中期成績を報告するとともに、本術式の意義を考察する。

対象と方法

2011年から2020年まで、当院にてONFHに対してFVFGを行い、術後3年以上経過観察した症例を対象とした。対象は7症例10関節(すべて男性)、両側罹患は3例であった。手術時年齢は平均36歳(24～44歳)、術後経過観察期間は平均5.2年(3～12年)であった。ONFHにいたった病因は特発性が4関節、ステロイド性が2関節、アルコール性が2関節、外傷性が2関節であった。厚生労働省研究班病期分類に従って分類すると、stage 1が1関節、stage 2が4関節、stage 3Aが3関節、stage 3Bが2関節であり、厚生労働省研究班病型分類に従って分類すると、type C1が2関節、type C2が8関節であった(表1)。検討項目は手術時間、術中出血量、臨床評価として術前および術後最終診察時の日本整形外科学会股関節機能判定基準点数(JOA score)、THAに移行した関節およびX線上的変形進行の有無と、術後合併症および復職状況を、後方視的に調査した。

術式

体位は側臥位として、術中に随時ベッドの傾斜調整をしている。骨孔作成後は骨髓内からの出血が増加するため、術前に採骨する腓骨長を計画し、はじめにドナーである腓骨の採取から開始する。滅菌ターニケットを装着し、前方凸の弧状皮膚切開(図1a)を置いて、腓骨筋群を挙上する(図1b, c)。この際、骨膜温存のため、円刃刀を用いて骨膜上でわずかに筋組織が付着する程度とする。筋膜下の浅腓骨神経を温存しながら、前方コンパートメントと浅後方コンパートメントを切開、筋群を剥離したのち骨間膜を展開する。腓骨遠位端から8cmで骨切りを予定し、同部で前方に移行した腓骨動静脈を結紮する。近位側は予定の骨採取長より3～5cm近位で腓骨動脈を展開し、10mm骨切除することで挙上時の操作が容易となる。骨間膜を切離して腓骨動静脈を確保しながら腓骨を挙上するが、この時点では血管茎は切離しない(図1d)。われわれは、ドナー部での皮膚トラブルの回避と手術侵襲を考慮して、モニタリング皮弁は採取していない。つぎにレシピエント部の展開を行う。初期例では重松ら⁴⁾と同様に前方と側方の2ヵ所の皮膚切開を行ったが、現在は前方凸となる弧状の皮膚切開を行っている(図1a)。大腿直筋の近位腱性部に再縫合のための糸をかけて切離、反転すると筋層下に大腿外側回旋動静脈からの分岐が確認できる(図1e)。分

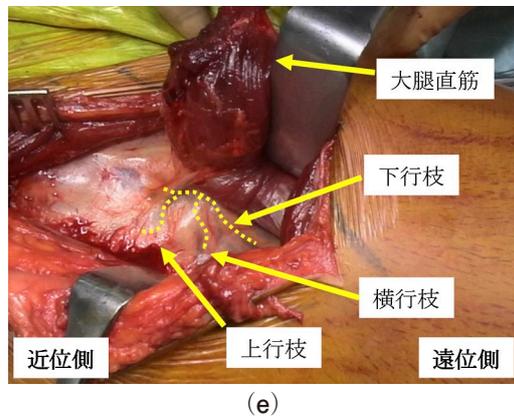
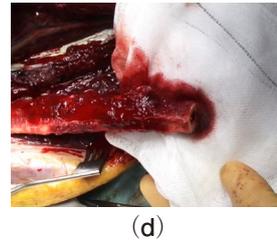
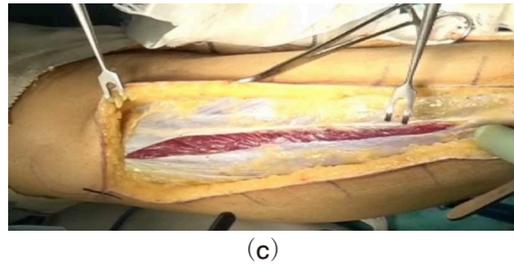
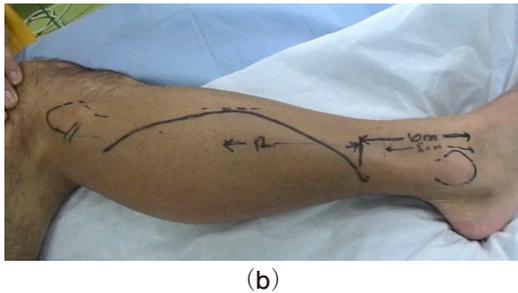
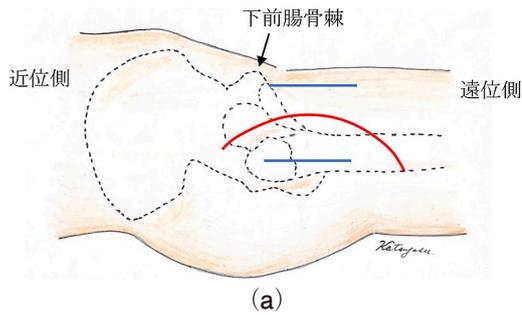


図1 手術術式

- a: 大腿部皮膚切開ライン (青線: 初期, 赤線: 現在)
- b: 下腿部皮膚切開ライン
- c: 長 / 短腓骨筋を展開する。
- d: ドナー腓骨を分離し, 血管茎が連続した状態でターニケットをオフし出血を確認する。
- e: レシピエント血管となる大腿外側回旋動静脈分枝の展開を示す。

枝は変異が多く, 基本的に横行枝を選択するが, 血管走行や血管茎長, 血管径によっては上行枝や下行枝を利用することもある。つぎに大転子の遠位側方からイメージ下に骨頭の荷重面外側にガイドワイヤーを挿入し, リーミングして骨穴を作成する。長い鋭匙やノミ, エアトームを使用して関節面近傍まで骨削するが, 骨硬化しているため, 熱による骨壊死に注意する。ドナー腓骨の血管切離を行い移植し, 内固定はチタン製スクリューないしはキルシュナー鋼線を使用する。この際, あらかじめ大転子部から海綿骨を採取して, 骨孔内に骨移植を追加している。腓骨動静脈を大腿前方の筋層下に誘導して, 展開した横行枝とその伴走静脈に端々吻合を行い, 吻合後ヘパリン 2,000 単位を静脈内注射する。大腿直筋の再縫合を行い, 創部内にはドレーンを留置する。

術後抗凝固療法としてプロスタンディンを 3 日間, ヘパリン 10,000 単位 / 日を 1 週間点滴し, 術後療法は 1 週間の床上安静を行い, その後に離床して歩行開始とする。母趾変形予防のため,

膝下シーネ固定を 3 週装着している。全荷重は術後 6 ヶ月としている。

結 果

手術時間は平均 9 時間 9 分であり, 術中出血は平均 1,292 ml であった。術前の JOA score は平均 63 点 (50 ~ 82 点) で, THA に移行した症例をのぞいた最終診察時の JOA score は平均 82 点 (70 ~ 93 点) であった ($p < 0.01$)。10 関節中 1 関節 (1%) において術後 3 年で THA に移行し, 誘因はステロイド性であった。X 線上の変形進行は, 供覧の症例 7 (外傷性: stage 1, type C2) をのぞいた 9 関節 (90%) で認めた。術後合併症として母趾 checkrein 変形が 5 例であり, うち 1 例で腱延長術を行っていた。また 2 例で術後血腫のため再手術を行い, 1 例で大腿外側皮神経の刺激症状を, また 1 例で転倒により転子部骨折を合併し保存療法にて加療した。3 例で鎮痛剤を頓用内服としていたが, すべての症例で復職している (表 2)。

表 2 結果

手術症例	年齢	性別	患側	病因	病期分類 (stage)	病型分類 (type)	手術時間 (時間:分)	出血 (ml)	JOA score		経過観察 期間	合併症
									術前	術後		
1	39	男	右	外傷性	3A	C2	10:27	1,000	50	70	11年2ヵ月	母趾 checkrein 変形
2	43	男	右	ステロイド性	2	C2	8:30	1,040	81	84	7年3ヵ月	
3	44	男	左	ステロイド性	3B	C2	11:50	1,800	50		6年4ヵ月	術後3年にて THA に移行
4	35	男	左	特発性	2	C2	9:54	2,000	57	80	4年11ヵ月	母趾 checkrein 変形, 転子部骨折
5	29	男	右	特発性	3A	C2	7:30	1,000	45	77	4年8ヵ月	術後血腫
6	35	男	右	特発性	3A	C2	9:40	1,368	57	80	4年3ヵ月	母趾 checkrein 変形
7	41	男	右	アルコール性	2	C1	8:39	750	77	89	3年9ヵ月	術後血腫
8	41	男	左	アルコール性	2	C1	7:48	1,329	79	91	3年2ヵ月	
9	24	男	左	特発性	3B	C2	8:18	1,300	55	72	3年1ヵ月	母趾 checkrein 変形
10	32	男	右	外傷後	1	C2	8:57	1,330	82	93	3年	母趾 checkrein 変形, 大腿外側皮神経障害
平均	36.3						9:09	1,291.7	63.3	81.8	5年2ヵ月	

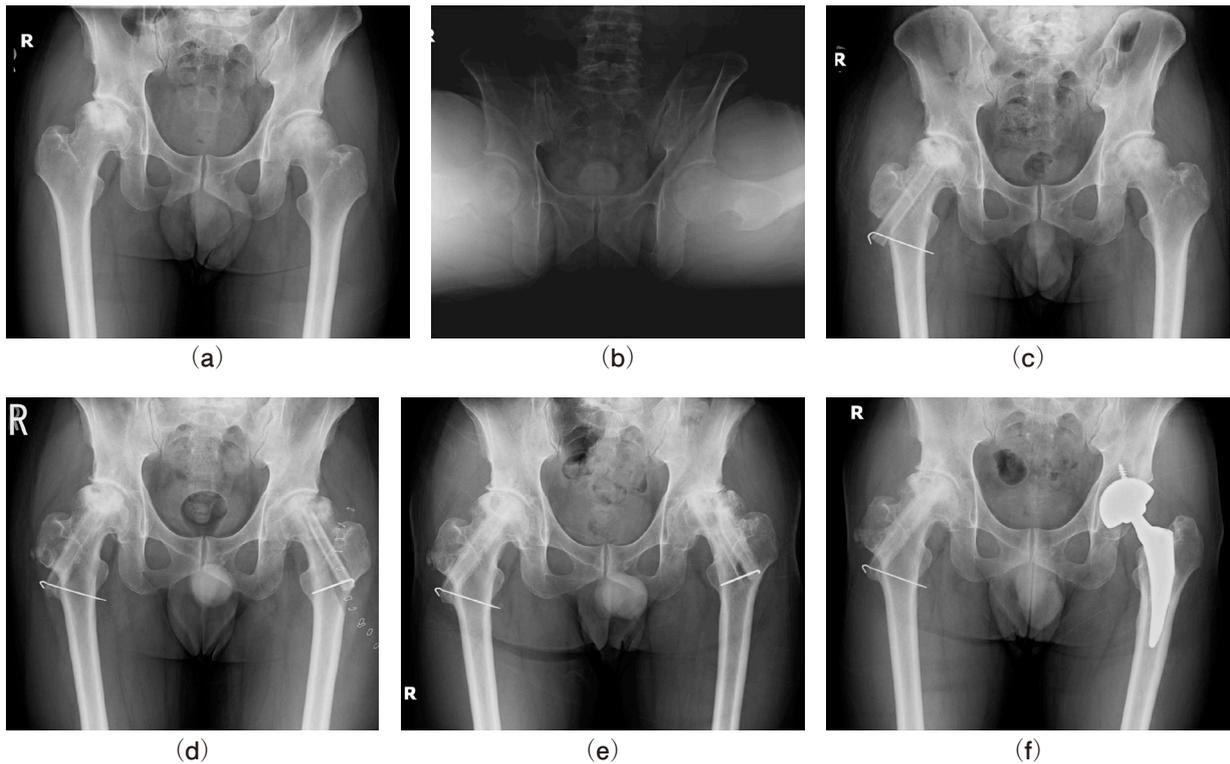


図2 症例2 股関節単純X線所見

- a: 術前正面像
- b: 術前ラウエンシュタイン像
- c: 右 FVFG 術後正面像
- d: 左 FVFG 術前正面像
- e: 左 THA 術直前正面像 左側関節裂隙は狭小化し、一部消失している。
- f: 左 THA 術後正面像 右側変形進行を認めるが、関節裂隙は温存されている。

症例供覧

症例2：43歳，男性。

多発性硬化症のためステロイド大量投与を行った後に両側のONFHを発症した。病期分類 stage 2，病型分類 type C2であり（図2a, b），2015年11月に右側に対してFVFGを行った（図2c）。左側は荷重負荷の影響により徐々に進行した。左側に対してFVFGを行った2016年10月の時点で，病期分類 stage 3Bと進行した（図2d）。術後は一時的な疼痛緩和を認めるものの左側の骨頭圧壊がさらに進行（図2e）したため，術後3年となる2019年11月に左THAを行った（図2f）。最終診察時（右FVFG：術後7年，左THA：術後3年），左股関節痛は消失し，右股関節はX線上骨頭の変形進行を認めるものの，関節裂隙は温存されている。鎮痛剤を時に頓用することがあるものの，JOA score 84点とおおむね良

好である。仕事復帰をしており，年一度のフォローアップを継続している。

症例7：32歳，男性。

2018年12月，外傷による右大腿骨頸部骨折に対して，受傷翌日に観血的整復内固定術を施行した（図3a, b）。術後のMRIフォローアップにてONFH（病期分類 stage 1，病型分類 type C2）と診断され（図3c），2020年2月にFVFGを行った（図3d）。術後3年，単純X線における骨頭の変形進行はなく（図3e），MRIにて関節液の貯留は軽減し，骨頭内の輝度変化領域の減少を認めた（図3f）。最終診察時，疼痛なく復職している。

考 察

ONFHに対するFVFGは，骨頭の除圧を行い，壊死骨に対するliving boneを用いた再血行化と力学的支持性を獲得可能とした骨頭温存手術である。

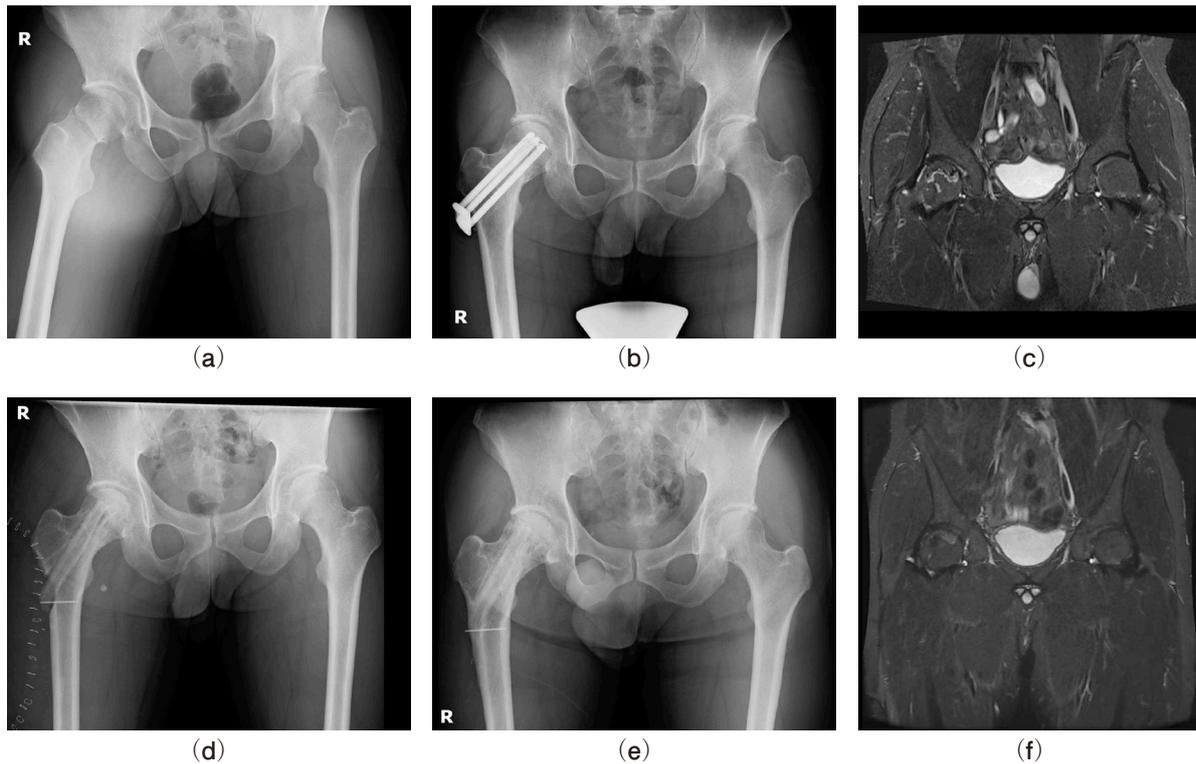


図3 症例7 股関節画像所見

- a: 受傷直後 単純X線正面像
- b: FVFG 術前 単純X線正面像
- c: FVFG 術前 MRI T2 強調画像 正面像
- d: FVFG 術後 単純X線正面像
- e: 最終診察時 (術後3年) 単純X線正面像
- f: 術後3年 MRI T2 強調画像 正面像

1970年代後半より行われるようになり、英語論文として1980年にJudetら⁵⁾が初めて報告した。わが国からは1983年にFujimaki & Yamauchi⁶⁾の4例の症例報告が存在している。その後1992年にYooら⁷⁾は、81関節の平均5.2年の経過観察において、臨床評価で91%、X線評価で89%が良好であったと報告した。またUrbaniak & Harvey⁸⁾は646例で80%以上の良好な成績であること、Soucacosら⁹⁾は228関節の平均4.7年の経過観察で、Steinberg分類ステージIIである圧壊前ステージでは95%で変形進行を予防できた一方、すでに圧壊が存在するステージでは成績が不良である結果を示した。川手¹⁰⁾は、60例71関節の平均7年の経過観察で、Steinberg分類ステージIとIIでは68%で変形進行が予防できたが、術前に圧壊のみられた症例(ステージIII, IV, V)では27%のみが進行予防できたとして、圧壊のないステージでの手術適応を示している。

また術後成績に及ぼす因子として両側例であること、ステロイド治療の誘因、進行した病期であることが報告されている¹⁰⁻¹²⁾。

われわれの症例において、THAに移行した症例2では、ステロイド治療が誘因であることに加え、両側例であったために先行手術の後療法による待機側関節の荷重負荷が高まり病期が進行した影響が強かったと考えられた。そのため両側例では病期進行の予防を目的として、先行手術側の骨強度および血行動態が安定し次第、おおむね先行手術後半年に待機側手術を行うことが望ましいと考える。

また術後合併症に関して、長母趾屈筋腱拘縮に伴う拇趾checkrein変形や大腿骨転子部骨折、大腿外側皮神経の刺激症状は文献にも報告があり、われわれが経験しなかったものとして血管吻合部の血行障害¹⁰⁾や足関節痛¹²⁾、創治癒遅延¹²⁾や腓骨神経障害¹³⁾、コンパートメント症候群¹³⁾が指

摘されている。われわれが経験した術後出血に関する報告はないが、長期的予後に影響するものではないため合併症と判断されていない可能性もある。この原因として、術後に行っている抗凝固療法（ヘパリン1週間，プロスタンディン3日間の静脈内点滴）の影響が考えられる。大腿骨の骨搔爬を行うため骨内からの出血が多いことや、外傷とは異なり損傷を伴わず、マイクロサージャリーとしては比較的太い血管が吻合対象であることを考慮すると、術後の抗凝固療法の減量ないしは中止を検討する余地がある。

特記すべきことは、1例をのぞくすべての症例でX線上の変形を認めるものの臨床的には良好な成績であり、確実な除痛効果を認めたことである。前述した過去の報告にも示されているが、改めてその有効性を実感する結果であった。この理由として、全周性に皮質骨で覆われ十分な長さを確保できる腓骨がドナー骨であるために支持性を保つことができること、living boneであるために圧潰とともに先端の移植骨が突出しインピンジメントすることなくリモデリングして適合すること、また関節包を切開することがないために関節破壊がなく良好な可動域が保たれることと推察した。

本臨床研究の限界は症例数が少ないため統計的検出力が乏しいことがあげられるが、FVFGは、さまざまなメタ解析による近年のシステマティックレビュー¹²⁻¹⁶⁾に示されているように、世界で広く認知された事実である。圧潰前のステージでの手術適応や、たとえTHAへ移行するにいたる症例であっても疼痛を軽減しながら手術時期を遅延可能とする利点に着目した本術式は、さまざまな治療背景をもつ患者に対して治療選択の1つとして提案し、検討すべき術式であることを本研究により再認識したため、本論文の趣旨として報告した。

日米での骨頭温存手術に対する治療推奨度が異なっていることを指摘する意見¹⁷⁾もあるように、本術式を含めONFHの手術治療体系ははまだ解決しておらず、再生医療や耐久性THAの開発など、今後のONFH治療の発展が大いに期待される。その一方で、わが国におけるONFHに対するFVFGの報告は近年激減しており、絶滅危惧手術となりつつある。マイクロサージャリーを必要とするため対応可能な施設は限定されるが、他の治療法とは異なる治療概念とプロセスをもつ本

術式は、次世代に残されるべき術式の1つである。

本論文の要旨は、第49回日本マイクロサージャリー学会学術集会（2022年12月1・2日、於浜松）において発表した。

本論文は他者との利益相反はない。

文 献

- 1) 安藤 渉, 菅野伸彦: 診療ガイドラインの概要と特徴. 関節外科 40: 1305-1307, 2021
- 2) 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会・特発性大腿骨頭壊死症診療ガイドライン策定委員会編: 特発性大腿骨頭壊死症診療ガイドライン2019 (日本整形外科学会・厚生労働省指定難病特発性大腿骨頭壊死症研究班監修). 南江堂, 東京, 2019
- 3) 難病情報センター: 特発性大腿骨頭壊死症 (指定難病71). <https://www.nanbyou.or.jp/entry/160>
- 4) 重松浩司, 矢島弘嗣, 川手健次, ほか: 大腿骨頭壊死に対する血管柄付き腓骨移植術の中期成績. 日本マイクロ会誌 17: 359-364, 2004
- 5) Judet J, Judet H, Gilbert A: Trial revascularization of the femur head with a pedicled fibular transplant. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 66 Suppl 2: 65, 1980
- 6) Fujimaki A, Yamauchi Y: Vascularized fibular grafting for treatment of aseptic necrosis of the femoral head - preliminary results in four cases. Microsurgery 4: 17-22, 1983
- 7) Yoo MC, Chung DW, Hahn CS: Free vascularized fibula grafting for the treatment of osteonecrosis of the femoral head. Clin Orthop Relat Res 277: 128-138, 1992
- 8) Urbaniak JR, Harvey EJ: Revascularization of the femoral head in osteonecrosis. J Am Acad Orthop Surg 6: 44-54, 1998
- 9) Soucacos PN, Beris AE, Malizos K, et al: Treatment of avascular necrosis of the femoral head with vascularized fibular transplant. Clin Orthop Relat Res 386: 120-130, 2001
- 10) 川手健次: 血管柄付き腓骨移植術の適応と限界. Orthopaedics 24: 51-56, 2011
- 11) Korompilias AV, Lykissas MG, Beris AE, et al:

- Vascularised fibular graft in the management of femoral head osteonecrosis: twenty years later. *J Bone Joint Surg Br* 91 : 287-293, 2009
- 12) Fang T, Zhang EW, Sailes FC, et al : Vascularized fibular grafts in patients with avascular necrosis of femoral head: a systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 133 : 1-10, 2013
- 13) Mont MA, Salem HS, Piuizzi NS, et al : Nontraumatic osteonecrosis of the femoral head: Where do we stand today? a 5-year update. *J Bone Joint Surg Am* 102 : 1084-1099, 2020
- 14) Tu Y, Chen Z, Lineaweaver WC, et al : Different recipient vessels for free microsurgical fibula flaps in the treatment of avascular necrosis of the femoral head: a systematic review and meta-analysis. *Ann Plast Surg* 79 : 583-589, 2017
- 15) Ligh CA, Nelson JA, Fisher JP, et al : The effectiveness of free vascularized fibular flaps in osteonecrosis of the femoral head and neck: a systematic review. *J Reconstr Microsurg* 33 : 163-172, 2017
- 16) Ali SA, Christy JM, Griesser MJ, et al : Treatment of avascular necrosis of the femoral head utilizing free vascularized fibular graft: a systematic review. *Hip Int* 24 : 5-13, 2014
- 17) 黒田 隆, 奥津弥一郎, 河井利之, ほか : 特発性大腿骨頭壊死症 異なる日米での治療推奨度. *日整会誌* 96 : S237, 2022
-