膝窩動脈捕捉症候群の2例

林 啓 太^{*1} 秋 好 沢 林^{*2} 松原 健太郎^{*3} 長 崎 和 仁^{*4}

症例1：53歳男性。右下肢間歇性跛行を主訴に近医を受診した。ABIの低下はなく、下肢超音波で右足関節底屈時に下腿動脈血流の低下を認めた。造影CTで右膝窩動脈に限局性の狭窄を認め、腓腹筋内側頭が膝窩動脈を走行しており、膝窩動脈捕捉症候群と診断した。手術は、腹臥位で膝窩後方からアプローチした。手術所見上、腓腹筋内側頭と外側頭、膝窩動脈の位置関係から、Delaney分類II型と診断した。腓腹筋内側頭は大腿骨付着部で切離した。膝窩動脈の狭窄部は、内膜肥厚が軽度で、白色血栓の付着を認めたため、血栓除去のみ行った。症例2：37歳男性。左下肢間歇性跛行を主訴に近医を受診した。ABIは左下肢で0.76と低下し、造影CTで左膝窩動脈に限局性の造影欠損を認めた。左膝窩部では細い腱が膝窩動脈を走行しており、下肢MRIでも同様の所見を認め、膝窩動脈捕捉症候群と診断した。手術は、腹臥位で膝窩後方からアプローチした。腓腹筋内側頭の走行異常は認めなかったが、膝窩動脈背側を覆う硬く薄い線維性結合組織を認め、造影所見からDelaney分類IV型と診断した。膝窩動脈の閉塞部は内膜肥厚が著明であったため、同側の大伏在静脈を用いて置換した。今回われわれは、異なる病型と動脈の閉塞様式をもつ2例の膝窩動脈捕捉症候群に対して、それぞれに適した術式を選択し、治療する経験をしたので、文献の考察を加えて報告した。日心外会誌49巻5号：310-316（2020）

キーワード：膝窩動脈捕捉症候群；膝窩動脈；間歇性跛行

Two Cases of Popliteal Artery Entrapment Syndrome

Keita Hayashi^{*1}, Takurin Akiyoshi^{*2}, Kentaro Matsubara^{*3} and Kazuhito Nagasaki^{*4} (Department of Vascular Surgery, Hiratsuka City Hospital^{*1}, Hiratsuka, Japan, and The Shonan Hiratsuka Varicose Vein Clinic^{*2}, Hiratsuka, Japan, Department of Surgery, Keio University School of Medicine^{*3}, Tokyo, Japan, and Department of Vascular Surgery, Shimokitazawa Hospital^{*4}, Tokyo, Japan)

Popliteal artery entrapment syndrome (PAES) is a rare cause of intermittent claudication. Optimal strategies and management have been debated. We report two cases of PAES that were treated with respective different procedures. Case 1: A 53-year-old male with intermittent claudication was referred to our department with PAES with a decrease in the ankle brachial index (ABI) with plantar flexion. Computed Tomography (CT) and Magnetic Resonance Imaging (MRI) showed medial deviation and compression of the popliteal artery by the medial head of the gastrocnemius muscle. The patient received excision of the medial head of the gastrocnemius muscle and thrombectomy of the popliteal artery. The diagnosis was confirmed as PAES type 2 during the procedure. Case 2: A 37-year-old male presenting intermittent claudication and declining ABI in his left lower extremity was diagnosed with PAES by contrast CT. MRI and CT indicated that a fibrous band was compressing the popliteal artery. The findings of the imaging studies were confirmed during the subsequent surgical procedure and it was diagnosed as PAES type 4. In addition to removal of the band, popliteal artery interposition using a saphenous vein graft was performed due to severe stenosis with intimal hyperplasia. Pathological findings of the excised artery showed intimal hyperplasia and degeneration of elastic fibers in the media due to chronic compression. Although a large volume of retrospective data exists on PAES, recommendation of a particular operative procedure has not yet been derived. Thus, the treatment for PAES should be individually determined based on etiology and status of affected vessels. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 49: 310-316 (2020)

Keywords : popliteal artery entrapment syndrome ; popliteal artery ; intermittent claudication

2020年4月27日受付，2020年6月2日採用
Corresponding author: Keita Hayashi
Department of Vascular Surgery, Hiratsuka City Hospital,
Kanagawa, Japan
E-mail: k.h.hayashi@gmail.com

^{*1} 平塚市民病院血管外科
〒254-0065 平塚市南原1-19-1

^{*2} 湘南平塚下肢静脈瘤クリニック

^{*3} 慶應義塾大学外科

^{*4} 下北沢病院血管外科

本研究において一切の利益相反や研究資金の提供はない。
None of the authors of this manuscript has any financial or
personal relationship with other people or organizations that
could inappropriately influence their work.

Fig. 1

Volume Rendering Computed Tomography (VRCT) demonstrated medial deviation of the right popliteal artery (A) which was caused by the medial head of the gastrocnemius muscle (B).

膝窩動脈捕捉症候群は比較的稀な疾患であり，多くの場合が先天的な腓腹筋の走行異常が原因である¹⁾．解剖学的形態によってその病型は異なり，現在は Delaney 分類が広く用いられている²⁾．多くの場合，根治的治療として外科的治療が選択されるが，解剖学的異常だけでなく，動脈の病態（閉塞や狭窄）によっても術式は異なる．今回われわれは，異なる病型と動脈の閉塞様式をもつ2例の膝窩動脈捕捉症候群に対して，それぞれに適した術式を用いて治療を行い，良好な経過を得たので報告する．

症 例

症例 1：53 歳，男性．

主訴：右下肢間歇性跛行．

現病歴：300 m の右下肢間歇性跛行を認め，近隣の血管外科開業医を受診した．理学所見上，両下肢ともに足背と内顆での動脈拍動の触知は良好であり，安静時の足関節上肢血圧比 (ABI; ankle brachial index) も正常範囲内であった．しかし，足関節底屈時に超音波で下腿動脈の血流低下を認め，造影 CT で膝窩動脈捕捉症候群と診断され，当院紹介となった．

既往歴：高血圧症，左前腕肉腫術後．

生活歴：過去に喫煙歴あり，運動は学生時代に水泳を趣味としていた程度．

理学所見：両側鼠径部，膝窩部，足背，内顆での動脈拍動の触知は良好であった．右足関節底屈時に足背動脈および後脛骨動脈の拍動は触知が不良となった．

血液検査所見：Hb 15.5 g/dl, Hct 45.7%, PT-INR 0.94, D-dimer 1.00 $\mu\text{g/ml}$ ．

Fig. 2

Magnetic Resonance Imaging (MRI) revealed medial marked deviation and compression of the right popliteal artery.

生理検査所見：心電図は洞調律で異常は認めなかった．ABI は右 1.22，左 1.20 であった．

造影 CT 所見：両下肢動脈に動脈硬化性変化は認めなかった．右膝窩動脈に限局性の狭窄を認めた．右腓腹筋内側頭が膝窩動脈と膝窩静脈間を走行しており，右膝窩動脈は内側へ偏位していた (Fig. 1)．

MRI 所見：右腓腹筋内側頭が膝窩動脈の外側へと偏位していた (Fig. 2)．

造影 CT, MRI の画像所見から，膝窩動脈捕捉症候群と診断し，手術加療の方針とした．

Fig. 3

(A) The right popliteal artery lay medial to the medial head of the gastrocnemius muscle, which was attached to the medial femoral condyle. (B) The right popliteal artery was decompressed by resection of the medial head of the gastrocnemius muscle.

手術所見：腹臥位，膝窩部 S 字切開で皮切し，後方アプローチで右膝窩動脈を露出した。右腓腹筋内側頭は右膝窩動脈の外側から背側へ向かって走行し，大腿骨内側上顆に付着していた (Fig. 3)。腓腹筋内側頭および外側頭，膝窩動脈を露出し，その位置関係から膝窩動脈捕捉症候群 (Delaney 分類 II 型) と診断した。腓腹筋内側頭を大腿骨内側上顆への付着部で切離し，膝窩動脈を腓腹筋内側頭と腓腹筋外側頭の間に位置するよう戻した後，腓腹筋内側頭を大腿骨内側上顆の骨膜へ縫着した。膝窩動脈の中樞側に 18G 点滴針を挿入し，術中造影を施行したところ，膝窩動脈と腓腹筋内側頭が交差していた部位に一致して膝窩動脈の狭窄を認め，狭窄部位の末梢側に血栓もしくは内膜肥厚によると推定される陰影欠損を認めた (Fig. 4)。膝窩動脈を遮断後に切開し，内腔に認めた白色血栓を除去したところ，内膜肥厚は軽度で内腔は保たれていたため，内膜摘除は行わずに縫合閉鎖した。

術後経過：術後経過は良好で，跛行症状は消失し，術後 11 日目に独歩退院となった。

症例 2：37 歳，男性。

主訴：左下肢間歇性跛行。

現病歴：100 m の左下肢間歇性跛行を認め，近隣の血管外科開業医を受診した。理学所見上，両下肢ともに足背と内顆で動脈拍動は触知したが，ABI は右 1.13，左 0.76 と左下肢での低下を認めた。造影 CT で膝窩動脈捕捉症候群疑いと診断され，当院紹介となった。

既往歴：特記すべき事項なし。

生活歴：過去に喫煙歴あり。運動はたまにジムで運動する程度。

理学所見：両側鼠径部，膝窩部，足背，内顆での動脈拍

Fig. 4

Intraoperative angiography demonstrated residual right popliteal artery stenosis (arrow) because of thrombus or intimal hyperplasia.

動の触知は可能であったが，左足背，内顆での動脈拍動は微弱であった。

血液検査所見：Hb 15.6 g/dl，Hct 44.7%，PT-INR 1.00，D-dimer <0.5 μ g/ml。

生理検査所見：心電図は洞調律で異常は認めなかった。

造影 CT 所見：両下肢動脈に動脈硬化性変化は認めなかった。左膝窩では腓腹筋内側頭が膝窩動脈の外側方向へ走行していたが，膝窩動脈間の筋線維ははっきりせず，大腿骨への付着部も不明瞭であった。膝窩動脈は限局性の造影欠損を認め，末梢の左後脛骨動脈にも一部血栓を疑う，限局性の造影欠損を認めた (Fig. 5)。

Fig. 5

(A) VRCT revealed a localized contrast deficit of the left popliteal artery. (B) The medial head of the gastrocnemius muscle was located lateral to the left popliteal artery.

MRI 所見：左腓腹筋内側頭の大腿骨への付着部位は不明瞭であった。また、膝窩動脈の閉塞部位に解離や嚢胞は認めなかった。

造影 CT, MRI の画像所見から、膝窩動脈捕捉症候群と診断し、手術加療の方針とした。

手術所見：腹臥位、膝窩部 S 字切開で皮切し、後方アプローチで左膝窩動脈を露出した。膝窩動脈の末梢側では、腓腹筋外側頭から内側へ向かって、膝窩動脈背側を覆うように、硬く薄い線維性結合組織を認めた。術中造影を施行したところ、膝窩動脈閉塞部位が線維性結合組織と膝窩動脈の交差部位に一致した。一方で、腓腹筋内側頭は膝窩動脈の内側を走行していたことから、膝窩動脈捕捉症候群 (Delaney 分類 IV 型) と診断した。血流遮断後に膝窩動脈閉塞部位を切開して内腔を確認したところ、著しい内膜肥厚を認めた。よって同部位は、同側の大伏在静脈を代用血管として置換した。

病理所見：血管内膜は高度に肥厚し、組織学的に粘液状間質に紡錘形細胞と毛細血管の増生がみられた。また、一部は器質化血栓様組織へ移行がみられ、中膜弾性線維にも断裂、変性を認めた。血管炎の所見や腫瘍性病変は認めなかった (Fig. 6)。

術後経過：術後経過は良好で、跛行症状は消失した。左下肢の ABI も 1.15 まで改善し、術後 8 日目に独歩退院となった。

考 察

膝窩動脈捕捉症候群は、膝窩部の異常筋束の走行異常によって、膝窩動脈が圧迫、捕捉されることで下肢の血流障

害をきたす疾患である¹⁾。1879 年に医学生 Stuart が初めて報告し³⁾、1959 年に Hamming によって最初の手術例が報告された⁴⁾。比較的稀な疾患とされているが、近年では報告が散見され、その病態は広く認識されている⁵⁾。一方で、解剖学的病型分類と動脈の閉塞様式によって術式が異なるため、定型的術式としては確立されていない。今回われわれは、異なる解剖学的病型と動脈の閉塞様式の 2 例に対して、それぞれの症例に対応した術式で治療を行った。本 2 症例の解剖学的病型と動脈の閉塞様式、それに対する術式を比較検討することで、包括的に本疾患を説明できると考えた。

膝窩動脈捕捉症候群は、その解剖学的形態の違いによって 6 型に分類される^{2, 6, 7)}。その違いについては、膝窩の発生過程を考えることでより深く理解することができる。腓腹筋内側頭は胎生期に腓骨と脛骨外側の近位後面から発生する。その後発生の過程に、肢芽が内側に回転し、膝が伸展すると、腓腹筋内側頭が膝窩を横切って外側から内側へ移動し、最終的に大腿骨内側上顆に付着する (Fig. 7)⁵⁾。一方で、胎生期の膝窩動脈は坐骨動脈の延長であるが、坐骨動脈の退縮に伴い中枢側は発達中の大腿動脈と癒合する。もともと膝窩筋の深部を走行していた胎生期の遠位膝窩動脈は、胚が約 20~22 mm の段階で消失し、最終的には末梢から発達した後脛骨動脈、前脛骨動脈と癒合し、膝窩筋の表層を走行する (Fig. 7)^{5, 8)}。これら腓腹筋と膝窩動脈の発生過程はほぼ同時期に起きており、本来は腓腹筋内側頭が膝窩を横切って移動した後に、新たな血管の癒合が起き、正常な解剖学的位置関係となるが、そのタイミングがずれることで膝窩動脈が腓腹筋内側頭に捕捉さ

Fig. 6

(A, C) In hematoxylin and eosin staining (HE), the intimal hyperplasia and proliferation of spindle cells and capillaries in the thrombus were observed. A part of the thrombus was transitioning to the organized thrombus. (B) Elastica van Gieson staining (EVG) showed rupture and degeneration of elastic fibers in the media.

Fig. 7

Embryological process of the right popliteal artery and the medial head of the gastrocnemius muscle. (A) The medial head of the gastrocnemius muscle arises proximally from the posterior aspect of the fibula and lateral tibia. The foetal axial popliteal artery is located deep in the popliteus muscle. (B) The medial head of the gastrocnemius muscle migrates medially across the popliteal fossa. The definitive proximal popliteal artery and distal popliteal artery form by fusion with the developing femoral artery plexus and tibial artery plexus, respectively. The mid popliteal artery is directly derived from the remnant of the axial artery. (C) Normal definitive popliteal anatomy. The definitive popliteal artery forms superficial to the popliteus muscle by the fusion of two new vessels after the medial head of the gastrocnemius muscle has migrated medially across the popliteal fossa.

れ、Delaney 分類 I~III 型の病態になると考えられている⁵⁾。さらに、本来膝窩筋の表層を走行するはずの膝窩動脈が、胎生期の状態のまま膝窩筋の深部に残存した状態が Delaney 分類 IV 型の病態といえる⁵⁾。以上のことから、本疾患は腓腹筋の発生学的な走行異常といわれているが、発生過程を考慮すると、膝窩動脈の発生異常も密接に関与しているといえる。本症例 1 は Delaney 分類 II 型であり、症例 2 は Delaney 分類 IV 型であることから、本 2 症例は解剖学的病型分類のみならず、その発生学的機序も異なっていることがわかる。

一方で、膝窩動脈捕捉症候群における動脈の閉塞様式に関しては、内膜肥厚、血栓閉塞等さまざまな報告があるが、本症例 1 では内膜肥厚は軽度で、狭窄部に血栓の付着を認めた。また、症例 2 では病理所見を得ることができ、血管内膜の高度な肥厚と一部器質化血栓を認めた。病理組織学的所見の報告例はきわめて少ないが、過去には吉田ら⁹⁾が偏心的な動脈壁の肥厚が著明で、反対側の変化が軽度であったことを報告している。これら所見を踏まえると、本疾患は異常筋束の慢性的な外的刺激による内膜肥厚が血流障害の一因となっており、術式を決定するうえで、異常筋束の切除は最低限必要な手技であるといえる。

本症例の場合、症例 1 では内膜肥厚が軽度で、血栓の付着のみであったため、血栓除去のみ施行した。症例 2 では内膜肥厚が著しく、内膜摘除も困難であったため、代用血管での置換術が必要となった。膝窩動脈捕捉症候群の外科治療の成績について、di Marzo らは¹⁰⁾、筋束切除のみ施行した症例の長期開存率が 94.4% (平均観察期間 46.0 カ月)であったのに対し、グラフト置換を要した症例では 58.3% (平均観察期間 43.5 カ月)であったと報告している。近年ではグラフト置換術についてもより良好な成績が報告されている^{11~16)}が、Kim ら¹³⁾は、バイパス手術を要した症例の 5 年開存率が 30% と低値であったことを報告しており、可能な限りバイパス手術や置換術を回避することを推奨している。しかしながら、筋束切除のみで血流改善が得られる症例が少ないのも事実である。Igari ら¹⁴⁾の報告では 29 肢中 4 肢、Yamamoto ら¹⁵⁾の報告では 19 肢中 3 肢が筋束切除のみ施行されているが、Kim ら¹³⁾の 22 肢の報告例、Lejay ら¹⁶⁾の 25 肢の報告例では筋束切除のみ施行した症例は認めなかった。医療機関受診や診断までに時間を要することで、異常筋束による外的刺激に晒される期間が長くなると、内膜肥厚による狭窄が進行してしまうため、筋束切除のみでは血流改善が得られにくくなる。そのため、早期の的確な診断が重要だといえる。診断の補助としては 64 列以上の MDCT (multidetector-row computed tomography) の有用性が報告されており^{17, 18)}、また、診断が難しい Functional type の膝窩動脈捕捉症候群に関しては足関節底

屈時の超音波所見¹⁹⁾や血管内超音波の有用性²⁰⁾も報告されている。本症例でも MDCT や超音波の使用により、術前の診断が可能であった。一方で、症例 1 については術前の CT で膝窩動脈の高度狭窄をきたしている所見があったが、術中造影によって血流の改善を確認でき、最終的には置換術を行わずに良好な術後経過を得られている。このように、膝窩動脈捕捉症候群の場合、術前の術式決定が困難な症例もあり、最終的な術式決定は術中所見や血栓摘出後の術中造影によって内膜肥厚の有無を確認する必要がある。本症例のように、適切な術式選択には術中造影を併用することが有用である。

一方、Wang ら²¹⁾は重症虚血を呈した膝窩動脈捕捉症候群に対して血管内治療を施行し、術後 3 年時点での良好な成績を報告している。そのなかで、急性血栓閉塞に対する細径バルーンでの最低限の拡張と術後の適切な血栓溶解療法が良好な成績の要因であったと結論づけているが、術後の CT では筋束による膝窩動脈の狭窄は残存し、跛行症状を呈しているため、根本的な解決とはいいたいがたい。併存疾患や超高齢などで耐術能が乏しい症例、救肢のみ得られればよい症例では血管内治療の低侵襲性が活かせるが、もともと本疾患は活動性の高い若年者に好発する疾患であり、また、本疾患の病態を考慮すると外科的筋束切除は必須である。血管内治療が普及している現在においても、本疾患に対する有効な治療は外科手術であるといえる。

結 語

今回われわれは、2 例の膝窩動脈捕捉症候群に対して、それぞれの解剖学的病型分類と動脈の閉塞様式に対応した術式で治療し、良好な術後経過を得ることができたので、文献的考察とともに報告した。

文 献

- 1) Sinha S, Houghton J, Holt PJ et al. Popliteal entrapment syndrome. *J Vasc Surg* 2012; 55: 252-62.
- 2) Delaney TA, Gonzalez LL. Occlusion of popliteal artery due to muscular entrapment. *Surgery* 1971; 69: 97-101.
- 3) Stuart TPA. Note on a variation in the course of the popliteal artery. *J Anat Physiol* 1879; 13: 162.
- 4) Hamming JJ. Intermittent claudication at an early age, due to an anomalous course of the popliteal artery. *Angiology* 1959; 10: 369-71.
- 5) Levien LJ, Veller MG. Popliteal artery entrapment syndrome: More common than previously recognized. *J Vasc Surg* 1999; 30: 587-98.
- 6) di Marzo L, Cavallaro A. Popliteal vascular entrapment. *World J Surg* 2005; 29 (Suppl 1): S43-5.
- 7) Pillai J. A current interpretation of popliteal vascular entrapment. *J Vasc Surg* 2008; 48 (Suppl 6): 61S-5S; discussion 65S.
- 8) Colborn GL, Lumsden AB, Taylor BS et al. The surgical anatomy of the popliteal artery. *Am Surg* 1994; 60: 238-46.

- 9) Yoshida H, Chiba S, Nagasawa S. An elderly case of popliteal artery entrapment syndrome. *Jpn J Vasc Surg* 1995 ; 4 : 91-5.
- 10) di Marzo L, Cavallaro A, Sciacca V et al. Surgical treatment of popliteal artery entrapment syndrome : a ten-year experience. *Eur J Vasc Surg* 1991 ; 5 : 59-64.
- 11) Hoelting T, Schuermann G, Allenberg JR. Entrapment of the popliteal artery and its surgical management in a 20-year period. *Br J Surg* 1997 ; 84 : 338-41.
- 12) Ohara N, Miyata T, Oshiro H et al. Surgical treatment for popliteal artery entrapment syndrome. *Cardiovasc Surg* 2001 ; 9 : 141-4.
- 13) Kim SY, Min SK, Ahn S et al. Long-term outcomes after revascularization for advanced popliteal artery entrapment syndrome with segmental arterial occlusion. *J Vasc Surg* 2012 ; 55 : 90-7.
- 14) Igari K, Sugano N, Kudo T et al. Surgical treatment for popliteal artery entrapment syndrome. *Ann Vasc Dis* 2014 ; 7 : 28-33.
- 15) Yamamoto S, Hoshina K, Hosaka A et al. Long-term outcomes of surgical treatment in patients with popliteal artery entrapment syndrome. *Vascular* 2015 ; 23 : 449-54.
- 16) Lejay A, Delay C, Georg Y et al. Five year outcomes of surgical treatment for popliteal artery entrapment syndrome. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2016 ; 51 : 557-64.
- 17) Iida Y, Sugimoto T, Mishima T et al. A case of popliteal artery entrapment precisely imaged by multi-scan computed tomography. *Jpn J Cardiovasc Surg* 2007 ; 36 : 52-4.
- 18) Kiuchi R, Ikeda M. The usefulness of 64-multidetector-row computed tomography in the diagnosis of a case of popliteal artery entrapment syndrome. *Jpn J Vasc Surg* 2008 ; 17 : 659-62.
- 19) Torii Y, Nishio S, Tamai Y et al. Functional type of popliteal artery entrapment syndrome : a case of report. *Chouonpa Kensa Gijutsu* 2016 ; 41 : 513-20.
- 20) Boniakowski AE, Davis F, Campbell D et al. Intravascular ultrasound as a novel tool for the diagnosis and targeted treatment of functional popliteal artery entrapment syndrome. *J Vasc Surg Cases Innov Tech* 2017 ; 3 : 74-8.
- 21) Wang X, Zhang H, Yan J et al. Successful endovascular treatment of popliteal artery entrapment syndrome : a case report with 3-years follow-up. *J Thromb Thrombolysis* 2017 ; 44 : 112-7.