腕頭動脈高度狭窄病変による鎖骨下動脈盗血現象および冠動脈左主幹部病変による狭心症に対する一期的オフポンプ手術の1例

石川 智啓* 畠田 和嘉* 宮島 敬介** 高橋 政夫**

49歳，男性．上肢血圧左右差により受診し，血管造影検査にて腕頭動脈高度狭窄による鎖骨下動脈盗血現象（subclavian steal Phenomenon：SSP）と診断した．また同時に冠動脈左主幹部90%狭窄による狭心症も診断された．今症例では左右内胸動脈が主要側副血行路の一部として機能していたため，その温存を図りつつ単純遮断での腕頭動脈人工血管置換術を行ったのちに左内胸動脈を用いた冠動脈バイパス術を一期的オフポンプ手術にて施行し良好な結果を得た．側副血行路の血流構造とそれを踏まえ施行した術式に関して考察を加え報告する．日心外会誌 48巻5号：365-370（2019）

キーワード：鎖骨下動脈盗血現象；腕頭動脈狭窄；内胸動脈側副血行路；狭心症

A Case of One-Stage Surgical Treatment of Subclavian Steal Phenomenon Coexisting with Ischemic Heart Disease without Extra-corporeal Circulation

Toshihiro Ishikawa*, Kazuyoshi Hatada*, Keisuke Miyajima** and Masao Takahashi** (Department of Cardiovascular Surgery, Odawara Municipal Hospital*, Odawara, Japan, and Department of Cardiovascular Surgery, Kokkakoumuinkyousairenngoukai Hiratsuka Kyousai Hospital**, Hiratsuka, Japan)

A 49-year-old man presented with subclavian steal phenomenon and severe stenosis of LMT. His SSP was composed of severe stenosis of the innominate artery, and the greater part of the blood supply to the right subclavian artery was through the collateral circuit of the vertebral arteries and the internal thoracic arteries. We performed replacement of the innominate artery with a prosthetic graft and coronary artery bypass using LITA in one-stage surgery. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 48: 365-370 (2019)

Keywords: subclavian steal phenomenon; innominate artery stenosis; collateral circulation; internal thoracic artery; angina pectoris

今回われわれは腕頭動脈起始部の高度狭窄と，左右内胸動脈間の発達した側副血行路を伴う，鎖骨下動脈盗血現象および冠動脈左主幹部病変を有する狭心症に対して，人工心肺を使用せずオフポンプにて，腕頭動脈起始部の人工血管置換術と，左内胸動脈を用いた冠動脈バイパス術を1期的に施行したので報告する．

症 例

患者：49歳，男性．

主訴：左右上肢血圧差．

現病歴：職場検診にて左右上肢血圧差を指摘され精査目的に紹介となった．

既往歴：21歳時，ウイルス性急性A型肝炎，49歳時，虫垂炎切除，48歳より高血圧を指摘された．大きな外傷の既往はない．

生活歴：喫煙20本/日（20歳から），飲酒毎日ビール500ml程度．

入院時現症：身長160cm，体重68.4kg，脈拍68bpm，右上肢血圧134/90mmHg，左上肢血圧184/110mmHg．

検査所見：ABI右1.22（188/122mmHg），左1.25（193/154mmHg），レイノー現象等なし．

血液検査所見：WBC 7,230/ μ l，CRP<0.05mg/dl，Hb 16.1g/dl，Ht 46.7%，Plt 19.7×10^4 / μ l，BUN 15.2mg/dl，

2019年3月14日受付，2019年5月17日採用

Corresponding author: Toshihiro Ishikawa

Department of Cardiovascular Surgery, Odawara Municipal Hospital, Odawara, Japan

* 小田原市立病院心臓血管外科

〒250-8558 小田原市久野46番地

** 国家公務員共済組合連合会平塚共済病院心臓血管外科

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

Catheter angiography showed stenosis of the LMT (a) and innominate artery (b-①), and only to-and-fro antegrade-flow of the right subclavian artery (b-②).

Cr 0.97 mg/dl, UA 6.3 mg/dl, AST 21 U/L, ALT 22 U/L, LDH 162 U/L, T-cho 194 mg/dl, HDL 48 mg/dl, L/H 比 2.8, HbA1c 5.7%, アドレナリン 21 pg/ml, ノルアドレナリン 362 mg/dl, ドーパミン 17 mg/dl, レニン活性 2.8 ng/ml/Hr, アルドステロン 217 mg/dl.

心臓・大動脈カテーテル造影所見：左心室造影；diffuse slight hypokinesis, 左冠動脈主幹部入口部 90% 狭窄 (Fig. 1a), 腕頭動脈起始部 99% 狭窄 (Fig. 1b ①) 認め, 右鎖骨下動脈方向への血流はわずかに to-and-fro の状態であった (Fig. 1b ②), 順行性血流のほとんどは右総頸動脈血流として流れていた。

左内胸動脈から右内胸動脈を経て右鎖骨下動脈への側副血行路の発達を認め, 右内胸動脈を介した血流はほとんど右鎖骨下動脈末梢方向に還流し, 右鎖骨下動脈中枢方向は to-and-fro となっており造影されなかった (Fig. 2-①②). また発達した左椎骨動脈を介して右椎骨動脈の逆行性血流を認めた (Fig. 2-③④).

頸部血管造影検査：左頸動脈造影のみ施行された。左頸動脈造影から右脳循環がわずかに描出され左右脳動脈の交通が確認されたが, Willis 動脈輪は描出されなかった。

胸部 CT：3DCT では腕頭動脈分岐直後での高度狭窄を認めた (Fig. 3). また水平断像での計測では右鎖骨下動脈分岐直後レベルでの右総頸動脈径 6.4 mm, 左総頸動脈径 6.4 mm, 第 3 頸椎下端レベルでの右椎骨動脈径 6.1 mm, 左椎骨動脈 6.1 mm であり, 総頸動脈径と椎骨動脈径には左右差はなかった。

頭頸部 MRA：右椎骨動脈は頸部では描出されず, 第 1 頸椎レベルより末梢のみ造影された。右頸動脈像は左頸動脈や左椎骨動脈に比して陰影は細く薄かった (Fig. 4). Willis 動脈輪像においては右椎骨動脈は左に比べて陰影は薄いものの脳底動脈まで描出されたほか, 大脳動脈輪については右前大脳動脈 A1 部分が描出不良であった (Fig.

Fig. 2

LITA angiography showed developed collateral blood flow between the left and right ITA ①②, and big left vertebral artery ③ and retrograde flow of the right vertebral artery ④.

5).

手術所見：手術は全身麻酔下に INVOS5100C (日本光電社 無侵襲混合血酸素飽和度監視システム) により継続的に脳組織酸素飽和度 (rSO₂) をモニタリングしながら行った。

胸骨正中切開を行う際には胸骨裏面剣状突起付近の左右内胸動脈間の側副血行路に注意しながら行ったが, 大きな出血や血管走行は認めなかった (Fig. 2-②).

肉眼的には胸腺表面に大きな血管は認めず, 恐らく胸腺脂肪組織内を走行する左右内胸動脈間の側副血行路 (Fig. 2-①) を破壊しないように胸腺を心膜前面より丁寧に剥離した後, 心膜を切開して上行大動脈側から腕頭動脈を剥離・テーピングした。腕頭動脈は視診では低形成などの異常所見はなく大動脈分岐直後の動脈外径は約 12 mm, そこから 3 cm 程度末梢での動脈外径は約 9 mm であった, 触診では狭窄部位に硬化所見を認めた (Fig. 6). ヘパリン

Fig. 3

3DCT proved severe stenosis of the innominate artery. Avoiding high density contrast of the innominate vein, back-side view is shown.

Fig. 4

Cervical MR angiography showed developed left vertebral and carotid artery (VA, CA). The right carotid artery was small and the right vertebral artery was not visible at the cervical level.

5,000 単位を投与したのち、腕頭動脈末梢の正常部位を試験遮断して rSO_2 低下のないことを確認した。その上で病変部末梢を血管遮断鉗子で遮断、腕頭動脈起始部大動脈にてサテンスキー型サイドクランプを用いて遮断した。狭窄部上下を切除し、8 mm INTERGUARD® 人工血管を用いて、中枢末梢とも 5-0 Polypropylene 糸による連続縫合にて両側端々吻合にて人工血管置換した (Fig. 6)。腕頭動脈の単純遮断時間は 37 分で、遮断中は麻酔吸気酸素濃度を 100% とし、右上腕をターニケットにて駆血した。その間 rSO_2 値の左右差や低下所見は軽度であった (Table 1)、また遮断解除・血流再開後も rSO_2 値の左右差や過剰な増加

Fig. 5

MR angiography of the Circle of Willis. A1 part of the rt. anterior cerebral artery was not clearly visible. The Rt. vertebral artery was stained thinly; this finding indicates antegrade flow of the rt. vertebral artery intracranial level.

Fig. 6

The aorta was clamped with Satensky's blood vessel clamp. The innominate artery was replaced with an 8 mm artificial vessel.

も認めなかった。いったんヘパリンをプロタミンにて中和したのち左内胸動脈を剥離採取した。内胸動脈採取の際には胸腺枝も結紮切離、胸腺脂肪組織も正中にて一塊に結紮 (左右に) 切離した。それらの際にも発達した側副血行路血管は確認できなかった。同時に左前腕より橈骨動脈を採

Table 1 Transition of INVOS value during surgery

	INVOS (Value)		
	R	L	Laterality (R-L)
Before Op	69	69	0
Preclamping	70	65	5
Just before clamping	71	67	4
Clamping	71	66	5
Just before declamping	64	58	6
Declamping	63	58	5
60 min after declamping	65	61	4
After surgery	52	54	-2

Fig. 7

The hematoxylin and eosin dyeing showed fibrous thickening, hemosiderin deposition, low-grade infiltration of the inflammatory cells and low-grade growth of the capillary vessel from intima to media. Those findings did not contradict those for atherosclerosis. The Elastica van Gieson stain showed hyperplasia of the collagen fiber from intima to media.

取した。再度ヘパリン 7,000 単位投与したのちオフポンプにて冠動脈バイパス術を LITA-LAD, Ao-RA-OM にて施行した。手術室にて術直後に抜管した。覚醒は良好で、運動麻痺等の神経学的所見は認めなかった。術後経過は良好で上肢血圧左右差は消失した。切除した腕頭動脈の病理所見では動脈硬化性変化と診断された (Fig. 7)。

術 1 年後の大動脈造影にて人工血管置換部の良好な血流と右椎骨動脈の良好な順行性血流を確認した (Fig. 8)。現在外来では禁煙指導、降圧薬、EPA 製剤、HMG-CoA 還元酵素阻害薬投与にて管理中で経過良好である。

考 察

鎖骨下動脈盗血現象 (Subclavian steal phenomenon; 以下 SSP) は鎖骨下動脈の椎骨動脈分岐より中枢の狭窄/閉塞により対側の椎骨動脈の逆流を生じる血行動態と定義され、また、それに伴い脳虚血発作を生じるものを鎖骨下動脈盗血症候群 (Subclavian steal syndrome; 以下 SSS) と定義されている。SSP/SSS は 1960 年頃から多く文献的に

Fig. 8

Postoperative angiography revealed antegrade flow of the right vertebral artery (VA) with right and left simultaneous-timing. The innominate artery has no residual stenosis (double-headed arrow).

報告されており、SSS の原因病変部位として腕頭動脈狭窄/閉塞は 1.5% と報告されている¹⁾。腕頭動脈閉塞に対する外科的血行再建としては上部胸骨正中切開での人工血管置換による解剖学的血行再建の症例が Blakemore らによって最初に報告されているが²⁾、その後の血管内治療の発展に伴い、現在では SSS 単独疾患に対しては開胸を伴わない治療が主流で、狭窄病変には血管内治療 (経皮的血管形成術)、閉塞病変には腋窩動脈-腋窩動脈バイパス術や、腋窩動脈-頸動脈バイパス術などさまざまな非解剖学的バイパス手術^{1,3)}が行われており、それぞれの開存率は遜色ないものとされている⁴⁾。

SSP/SSS における左右内胸動脈間の側副血行路に関する文献的報告は調べた限りなかった。冠動脈疾患と SSS の関連においては内胸動脈を用いた冠動脈バイパス術後に鎖骨下動脈の狭窄・閉塞により心筋虚血、いわゆる冠動脈鎖骨下動脈盗血症候群 (Coronary subclavian steal syndrome; CSSS) については多くの報告があるが、その発生頻度は左内胸動脈を用いた冠動脈バイパス術症例の 0.6~6.8% であり、左鎖骨下動脈への血管内治療や腋窩動脈-腋窩動脈バイパス手術等の血行再建により心筋虚血の改善が得られるとされている⁵⁾。しかし冠動脈バイパス術前より鎖骨下動脈盗血症候群を診断し、その血行再建を行った

Fig. 9

Illustrated distribution of blood supply through the stenosis and collateral circuits.

後に、LITA を用いて冠動脈バイパス術を施行した報告は、われわれが検索したかぎり Anegawa らの報告⁶⁾のみで、その報告では左鎖骨下動脈狭窄に対して大動脈-左鎖骨下動脈人工血管バイパス術で血行再建していた。

今症例は血行動態としては腕頭動脈起始部造影から狭窄部を経た順行性血流はほぼ右総頸動脈のみに循環し、左→右内胸動脈間の側副血行路からの血流のほとんどは右鎖骨下動脈へ流入しており、さらに左椎骨動脈造影では右椎骨動脈の逆行性造影が認められたことより SSP の定義に合致するものと考えられた。右鎖骨下動脈起始部辺りでそれぞれの血流が to-and-fro にて造影されなくなることより、狭窄を介した腕頭動脈血圧と内胸動脈および椎骨動脈を介した側副血行路血圧の拮抗点であったと考えられた。また左右内胸動脈間の側副血行路の発達が椎骨動脈での盗血量を減じていることが、SSS ではなく脳虚血に至らない SSP の状態とした一因であったと推測された。各種画像所見をまとめた全体の血流を Fig. 9 にイラストで示した。

MRA 所見は非常に興味深く、MR 頭頸部動脈造影検査では静脈像を消す処理のために頭→心臓方向の血流は描出されない設定となっている。そのため SSP/SSS では患側椎骨動脈は逆流のため造影されない。今症例では頸部では右椎骨動脈が描出されなかったが、第 1 頸椎 (C1) レベルから末梢の椎骨動脈および脳底動脈は造影された (Fig. 5) ことより、そのレベルより末梢では少なくとも安静時は順行性血流が保たれていると考えられ、今回施行された各種画像検査では捉えられなかったが、恐らく C1 以下での頸髄枝等を介する左右椎骨動脈間の側副血行路の存在が

推測された。このことも内胸動脈間血流に加えて SSS に至らず SSP の状態であった一因と考えられた。また右総頸動脈陰影は左頸動脈や椎骨動脈に比べて陰影が薄かったが、CT 所見では総頸動脈径や椎骨動脈径に左右差はなく、術中所見・術後造影所見から右総頸動脈や椎骨動脈には形態的な低形成はないことより、MRA での左右差所見は左右頸動脈の血流量の差や右椎骨動脈の逆流を示していると考えられた。このことは一般的に多くの心臓血管外科における術前精査として頸部動脈 MRA がなされているが、MRA 所見として頸動脈や椎骨動脈の低形成や左右差等の所見が認められた場合には、SSP が潜在合併している示唆にもなり得ると考えられた。

治療法の選択としては、解剖学的・非解剖学的外科的血行再建⁷⁾や血管内治療⁸⁾のさまざまな組み合わせが想定されるが、われわれは大動脈開口部付近 LMT 病変に対しては冠動脈バイパス術が第一選択と考え、50 歳と比較的若年であることより積極的な左内胸動脈の使用と腕頭動脈病変は人工血管置換術による解剖学的再建が望ましいと考えた。血行動態の全体像を考慮した上で、側副血行路の温存や腕頭動脈遮断時の右上肢駆血など、脳血流の維持を考慮し安全に手術を施行し得た。腕頭動脈遮断時の右上腕の駆血に関しては文献的な根拠はないが、臨床経験的に内胸動脈造影検査においてカニューレションが困難な場合には上腕動脈を駆血することにより、鎖骨下動脈の中樞側分枝への血流量が増加することを利用して、鎖骨下動脈造影にて内胸動脈が比較的鮮明に造影されることはよく知られ、実施されている。SSS においては、患側上肢の運動により患側上肢の必要還流量が増加し、Willis 動脈輪より脳底動脈-椎骨動脈合流部を介して頸動脈系統の血流を盗血することにより、脳虚血発作が起こるとされている。今症例では右上腕を駆血することで内胸動脈を介する還流の一部を頸動脈方向に還流させ、腕頭動脈遮断によって減ぜられた頸動脈血流を補い、そのことにより椎骨動脈を介する逆行性血流の増加を減じる効果を期待して行い、遮断中の血行動態の観察は不可能であったが脳血流維持に一定の効果があったと推測された。腕頭動脈の単純遮断前後の虚血や過灌流症候群の監視には INVOS による rSO_2 値観察が有用であった^{9,10)}。今症例では不要であったが、試験的遮断や吻合中に rSO_2 値の低下が認められた場合に備えて、外シャントの準備が重要であると考えられた。具体的な外シャント確立方法としては、上行大動脈より心筋保護用カニューレ等を用いインフローを確保し、アウトフローは脳分離循環用のバルーン付き循環カニューレ (8~15Fr) を直接吻合部より挿入したり、腕頭動脈末梢に直接動脈穿刺、もしくは総頸動脈経皮的穿刺¹¹⁾にてシース (6Fr) を留置したりする方法が考えられた。腕頭動脈狭窄の原因に

については文献的には動脈硬化性、大動脈炎、先天性が多く外傷性のものは稀とされている^{12,13)}。今症例においても外傷既往はなく、LMT 入口部狭窄病変を合併していることから大動脈炎も考えられたが、血液検査等にて炎症所見に乏しく病理の結果からも動脈硬化であると考えられた。今症例は比較的若年にもかかわらず高度の動脈硬化をきたした原因としては、高血圧と喫煙がリスクファクターよりあげられるが、高血圧歴が比較的短いことより喫煙が大きく影響していると考えられた。喫煙は大きなリスクファクターではあるものの禁煙によりその影響は大幅に減少することができるとされ¹⁴⁾、フォローアップにおいては禁煙指導が重要と考えられた。

結 語

単独の SSP/SSS や冠動脈バイパス術後の SSS 合併による心筋虚血の報告は多くなされているものの、冠動脈バイパス術前の SSP/SSS の報告は少なく、さらに SSP/SSS の報告において内胸動脈間の側副血行路についての報告はなかった。今回、左右内胸動脈を側副血行路の一部とする鎖骨下動脈盗血症候群を有する LMT 病変に対して一期的にオフポンプにて血行再建術を行った。さまざまな側副血行路の総合的評価を行い、側副血行路を維持・利用することで安全に血行再建を行うことができた。

文 献

- 1) Osiro S, Zurada A, Gleleki J et al. A review of subclavian steal syndrome with clinical correlation. *Med Sci Monit* 2012 ; 18 : RA57-63.
- 2) Blakemore WS, Hardesty WH, Bevilacqua JE et al. Reversal of blood flow in the right vertebral artery accompanying occlusion of the innominate artery. *Ann Surg* 1965 ; 161 : 353-6.
- 3) Wylie EJ, Ehrenfeld WK. Extra-cranial occlusive cerebrovascular disease. *Diagnosis and Management*. Philadelphia : WB Sanders Co. ; 1970, p 27.
- 4) Galyfos GC, Kakisis I, Maltezos C et al. Open versus endovascular treatment of subclavian artery atherosclerotic disease. *J Vasc Surg* 2018 ; 69 : 269-79.
- 5) Cua B, Mamdani N, Halpin D et al. Review of coronary subclavian steal syndrome. *J Cardiol* 2017 ; 70 : 432-7.
- 6) Anegawa T, Kai H, Fukuda K et al. Respiratory variation of vertebral arterial flow in a patient scheduled for coronary artery bypass graft surgery. *Circ J* 2013 ; 77 : 2412-4.
- 7) Reul GJ, Jacobs MJHM, Gregoric ID et al. Innominate artery occlusive disease : surgical approach and long-term results. *J Vasc Surg* 1991 ; 14 : 405-12.
- 8) Paukovits TM, Lukács L, Bérczi V et al. Percutaneous endovascular treatment of innominate artery lesions : a single-centre experience on 77 lesions. *Eur J Endovasc Surg* 2010 ; 40 : 35-43.
- 9) Harada T, Kano T, Hirayama T et al. Cervical ischemia during carotid endarterectomy : detection by cerebral oximetry. *Nou-socchuu no Geka* 2001 ; 29 : 277-81 (in Japanese).
- 10) Yasuda C, Samura K, Takemura A et al. Efficacy of continuous regional cerebral oxygen saturation monitoring using INVOS as a predictor of cerebral hyperperfusion syndrome following carotid endarterectomy : a case report. *Nou-socchuu no Geka* 2016 ; 44 : 53-7 (in Japanese).
- 11) Nishimoto T, Higashidate M, Bonkohara Y et al. Two-stage repair surgery for a rare case of a brachiocephalic aneurysm with a distal arch aneurysm. *Jpn J Vasc Surg* 2016 ; 25 : 117-20 (in Japanese).
- 12) Hirose H, Gill IS. Blunt injury of the innominate artery : a case of report and review of literature. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2004 ; 10 : 218-23.
- 13) Yamamoto K, Hiraiwa T. Conservative treatment of traumatic occlusion of subclavian artery. *Jpn J Vasc Surg* 2007 ; 16 : 791-4 (in Japanese).
- 14) Hisamatsu T, Miura K, Arima H et al. Smoking, smoking cessation, and measures of subclinical atherosclerosis in multiple vascular beds in Japanese men. *J Am Heart Assoc* 2016 ; 5 : e003738.