動脈スイッチ手術後の大動脈吻合部狭窄

藤 本 智 子 安 東 勇 介* 檜 山 和 宏*
梶 原 隆** 小 江 雅 弘** 深 江 宏 治*

大血管転位症に対する動脈スイッチ手術の合併症として、冠動脈閉塞、肺動脈狭窄、大動脈弁逆流およびバルサルバ洞拡大が知られている。一方、手術手技上の問題がなければ大動脈吻合部に狭窄をきたすことは少なく、大動脈弁上部狭窄の報告は稀である。今回われわれは吸収性縫合糸に対する組織の過増殖のため大動脈弁上部狭窄を生じた症例を経験した。症例は4カ月女児。完全大血管転位症II型に対して生後12日目に動脈スイッチ手術を施行した。新大動脈の再建はpolydioxanone糸(7-0 PDS®)を用いた連続縫合で行った。術後1カ月目の心臓超音波検査で大動脈吻合部に有意な圧較差が出現し、その後も増悪したため術後4カ月目に狭窄解除術を施行した。狭窄部の大動脈壁は全周性に肥厚して内腔に突出しており、これを切除してpolypropylene糸(7-0 Prolene®)による単結節縫合で再吻合した。狭窄部の組織学的所見としては縫合糸を中心とした膠原線維の増生を認めた。吻合部圧較差の経時的上昇と組織学的所見から、吸収性縫合糸に対する組織の過増殖が狭窄の主要因であると推察された。吸収性縫合糸は体内に異物として残存しないという特徴から非常に有用な縫合糸であるが、本症例のように組織の過増殖による吻合部狭窄をきたす可能性がある。吸収性縫合糸の選択は慎重に行うべきであり、完全に吸収されるまでの期間は注意深い経過観察が必要である。日心外会誌43巻2号:62-66(2014)

キーワード: 吻合部狭窄; 吸収性縫合糸; 完全大血管転位; 動脈スイッチ手術

A Case of Anastomotic Stenosis after Arterial Switch Operation

Noriko Fujimoto, Yusuke Ando*, Kazuhiro Hinokiyama*, Takashi Kajiwara**, Masahiro Oe** and Koji Fukae* (Department of Cardiovascular Surgery, Kyushu University Graduate School of Medicine, Fukuoka, Japan, Department of Pediatric Cardiac Surgery* and Cardiovascular Surgery**, Kumamoto City Hospital, Kumamoto, Japan)

Coronary artery obstruction, pulmonary stenosis, aortic valve regurgitation, and enlargement of the neo-aortic root are major complications of arterial switch operation (ASO) for transposition of the great arteries (TGA). Supravalvular aortic stenosis following ASO is rarely reported, and technical factors should be considered as causes in such cases. We report a case of supravalvular aortic stenosis following ASO, in which we speculated that the cause of the stenosis was tissue overgrowth caused by the surgical suture. The patient was a 4-month-old girl with TGA (II) who had undergone ASO on the 12th day after birth. Neo-aortic anastomosis was performed with 7-0 polydioxanone absorbable suture (PDS®, Ethicon, Somerville, NJ, USA). Transthoracic echocardiography performed 1 month after the surgery showed severe stenosis at the aortic anastomosis which worsened progressively. Therefore, the patient was reoperated 4 months after the previous surgery. The concentrically stenosed aortic wall at the anastomotic site was resected and aortic reanastomosis was performed using an interrupted suture pattern with 7-0 polypropylene (Prolene®, Ethicon). The histological findings showed proliferation of collagenous fibers around the PDS® suture. Because of the worsening stenosis over time and the histological findings, we speculated that the tissue overgrowth in reaction to the PDS® suture was the main cause of the stenosis. Absorbable sutures are useful because they do not leave a foreign substance in the body; however, the possibility of tissue overgrowth leading to anastomotic stenosis cannot be denied. When using absorbable suture, careful observation is mandatory until the material is completely absorbed. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 43: 62-66 (2014)

Keywords: anastomotic stenosis; absorbable suture; transposition of the great arteries; arterial switch operation

2012年12月16日受付, 2013年11月8日採用
Corresponding author: Noriko Fujimoto
Department of Cardiovascular Surgery, Kyushu University
Graduate School of Medicine, Fukuoka, Japan
E-mail: hujibook@heart.med.kyushu-u.ac.jp
九州大学医学研究院循環器外科
〒812-8582 福岡市東区馬出3-1-1

*熊本市立熊本市民病院小児心臓外科, **同 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.

大血管転位症に対する動脈スイッチ手術 (ASO, arterial switch operation) の成績は向上し、近年、各施設より良好な成績が報告されている^{1,2)}。本手術の術後合併症としては、冠動脈閉塞、肺動脈狭窄、大動脈弁逆流およびバルサルバ洞拡大が知られている。一方、手術手技上の問題がなければ大動脈吻合部に狭窄をきたすことは少ない。今回われわれは、吸収性縫合糸に対する組織の過増殖のために大動脈吻合部狭窄が出現したと考えられる症例を経験したので報告する。

症 例

症例：4 カ月、女児。

現病歴：在胎 38 週 1 日、前回帝王切開のため予定帝王切開で出生した。出生体重 3,002 g, Apgar スコア 1 分値 8 点, 5 分値 8 点。出生後に完全大血管転位症 (TGA) II 型と診断した。0 生日にバルーン心房中隔裂開術を施行された後、当院へ搬送となった。12 生日に ASO を施行した。冠動脈は Shaher 分類 I 型であり、冠動脈ボタンの移植は polypropylene 糸 (7-0 Prolene®) の連続縫合によるトラップドア法で行った。Lecompte 法を施行後、新大動脈の吻合は polydioxanone 糸 (7-0 PDS®) を用いたマットレス縫合と連続縫合の二重縫合で行った。新肺動脈は自己心膜を補填して再建した。術後経過は良好で術後 7 日目の心臓超音波検査では大動脈吻合部に異常を認めなかったものの、退院時 (術後 35 日目) には大動脈弁上部狭窄の所見があり、心臓超音波検査上の最大圧較差が 63.5 mmHg であった。以後、狭窄は徐々に進行し、術後 3 カ月時の心臓カテーテル検査で圧較差 78 mmHg であったため狭窄解除を目的に再入院となった。

入院時現症：身長 63 cm, 体重 6.1 kg, 血圧 85/43 mmHg, 脈拍 113 回/分, 整。酸素飽和度 97% (room air), 心雑音は第 2 肋間胸骨左縁に Levine III/VI の収縮期駆出性雑音を聴取した。

胸部レントゲン写真：心胸郭比 48%, 肺血管陰影の増強なし。

心電図：洞調律, 心拍数 115 回/分, QRS 軸 57 度, 右室および左室肥大所見なし。

血液生化学検査：WBC 6,400/ μ l (好中球 28.5%, 好酸球 4.0%), CRP 0.02 mg/dl, 肝・腎機能異常なし。

経胸壁心臓超音波検査：左室拡張末期径 21.7 mm (94% of normal), 左室駆出率 69%, 左室壁軽度肥厚。大動脈弁輪径 8.8 mm, 大動脈弁上部が全周性に狭窄し最狭部の径 4.7 mm, 同部の最大圧較差は 73 mmHg であった (Fig. 1)。

心臓カテーテル検査 (術後 3 カ月時)：大動脈弁上狭窄部の径は 3.7×4.6 mm, 圧較差は 78 mmHg であった

Fig. 1 Preoperative echocardiogram, parasternal long-axis view. The ascending aorta was narrowed at the level of the previous aortotomy, and its diameter was 4.7 mm (dashed arrow). The diameter of the aortic valve ring was 8.3 mm (arrow).

Fig. 2 Preoperative aortic angiography demonstrating supra-valvular aortic stenosis

(Fig. 2)。

手術所見：胸骨正中切開にて開胸し、上行大動脈送血および上・下大静脈脱血で人工心肺を確立した。大動脈狭窄部の外径は約 7 mm ほどであった。心停止の後に狭窄部の直上で大動脈を離断し観察すると、吻合部は内腔側に全周性に突出しており、内径は約 4 mm ほどであった (Fig. 3)。冠動脈ボタン吻合部に肥厚はなく開口部狭窄は認めなかった。肥厚した組織を可及的に切除し 7-0 Prolene® による単結紮縫合で大動脈を再建した。人工心肺からの離脱は容易であった。術中心臓超音波検査にて大動脈弁上部の流速 2.0 m/sec, 最大圧較差 16 mmHg と改善していることを確認して手術を終了した。

Fig. 3 Intraoperative view of the transected ascending aorta
The aortic wall of the stenotic region was markedly thickened with a narrowed aortic lumen (dashed arrow) compared to the normal aortic wall (arrow).

Fig. 4 Histopathological findings

(A) The border between the tunica intima and tunica media was unclear at the stenotic region but the intimal side was significantly thickened (Hematoxylin and Eosin stain). Surgical sutures were found within the aortic wall (arrowhead). (B) Tangled proliferation of the connective tissue (Hematoxylin and Eosin stain). (C) The main component of the proliferating tissue was collagen fiber, verified by tissue staining (Elastica Van Gieson stain).

組織所見：動脈壁肥厚部では内膜と中膜の壁構造（境界）が不明瞭となり，内膜の顕著な肥厚とともに内腔の狭小化をきたしていた（Fig. 4A）。また同部に縫合糸と思われる人工物を認めた。結合組織が不規則に増殖し（Fig. 4B），Elastica Van Gieson 染色の結果，増殖は膠原線維の増殖が主体であった（Fig. 4C）。

術後経過：術後の経過は良好であった。心臓超音波検査では大動脈弁上部径は 8.0 mm と拡大し，流速 1.9 m/sec，最大圧較差は 14.5 mmHg と狭窄の改善を認めた。術後 24 日目に退院し，術後 6 カ月時に施行した心臓カテーテル検査では大動脈弁上部径 8.1 mm，圧較差 0 mmHg であった。術後 1 年が経った現在でも再狭窄なく経過している。

考 察

血管吻合における吸収性縫合糸の使用は、非吸収性縫合糸と同等の吻合強度を持つことに加えて炎症反応の少なさや組織に異物を残さない点で非吸収性縫合糸より有用であると報告されている³⁻⁵⁾。今日では、冠動脈⁶⁾、下肢等の末梢血管⁷⁾および側頭動脈-中大脳動脈⁸⁾など、術後、血流に応じた拡張が期待される血管の吻合に使用されており、いずれも良好な結果を得ている。小児心臓外科領域においてはBlalock-Taussig短絡術⁹⁾やサブクラビアンフラップ法¹⁰⁾に使用し、術後吻合部狭窄の回避に有用であったと報告されている。

動物実験においては、Myersら³⁾は、豚を用いて腎動脈下腹部大動脈の連続吻合を行い、術後1, 4, 11週間および6カ月後に吻合部を組織学的に検討した。吻合後4週間目までは線維芽細胞や組織球の浸潤などの異物反応を伴った肉眼的狭窄が見られたが、11週間後に消失し始め6カ月後には完全に消失したと報告している。またVincentら¹¹⁾はウサギの右房吻合を、半分をpolyglycolic acid糸、半分をpolypropylene糸で行い、術後3日、1, 2, 4, 8週間の各時点で吻合部の組織学的検討を行った。吻合後早期にはいずれも線維芽細胞の増殖を認めたが、polypropylene糸のほうが炎症反応がより強かった。Polyglycolic acid糸は4週間後には炎症反応はほとんど消失していたが、polypropylene糸では慢性的な炎症反応が残存していたと報告している。これらの報告から、吸収性縫合糸は完全に吸収されたのち異物反応や成長障害の危険性はないが、術後早期には非吸収性縫合糸と同様、炎症反応や異物反応により吻合部狭窄となる可能性があることが示唆される。

本症例では術後約1カ月で大動脈吻合部の狭窄が出現し、以後徐々に進行した。吻合部狭窄の原因として通常考えられるのは、手術手技上の問題、つまり不適切な吻合による吻合部の捻れや屈曲である。しかし、再手術時の所見ではそのような捻れや屈曲は認めず、狭窄は内腔の肥厚によるものが主体であった。肥厚部には縫合糸とその周囲の線維芽細胞の増殖を認めており、縫合糸に対する組織の過増殖が狭窄の原因と推定された。

縫合糸に対する過増殖を生じた理由として、吸収性縫合糸の使用が考えられる。吸収性縫合糸は将来的には吸収されるものの、術後早期には局所の炎症反応を生ずることが報告されている。当然ながら非吸収性縫合糸に対しても炎症反応は生ずるが、本症例において非吸収性縫合糸を用いて縫合した冠動脈ボタン吻合部には狭窄を認めなかった。このため縫合糸の選択が吻合部狭窄の発生に関与していると考えられた。

一方、新大動脈の吻合方法つまり連続二重縫合が吻合部狭窄の原因となった可能性も否定できない。当施設のASOは通算62例あり、新大動脈吻合における縫合糸の選択と吻合方法は手術時期により異なっている。従来は非吸収性縫合糸による連続一重縫合を行っていたが、2004年以降は吸収性縫合糸を用いるようになり、その後連続二重縫合を導入している。結果として17例にPDS®を使用し、そのうち4例が連続二重縫合を行っていた。連続二重縫合の目的は確実な止血を得ることにあるが、それにより組織の伸展性が損なわれて吻合部狭窄の発生に繋がる可能性はある。しかし当施設で吸収性縫合糸による連続二重縫合を行った4例のうち、吻合部狭窄をきたしたのは本症例のみであった。さらに連続二重縫合そのものが問題であれば術直後から狭窄を生じているはずであり、1カ月後に狭窄が出現して徐々に進行した本症例の経過と合致しない。

総合的に考えると、連続二重縫合により吻合部の縫合糸の密度が増したために、吸収性縫合糸に対する異物反応が助長され、吻合部狭窄の発生に繋がったものと推定される。また吸収性縫合糸による連続二重縫合を行った症例のうち本症例でのみ吻合部狭窄を生じた理由としては、縫合糸に対する異物反応には個体差があるため、本症例では異物反応がとりわけ強く生じたためと考えられる。客観的根拠とはならないが、本症例では術後3週間にわたって好酸球分画が5.5~10.0%と高かった。この期間に薬物アレルギーをきたすような薬剤の長期使用はないため、断定はできないものの、この好酸球分画の持続的な上昇は本症例における過剰な異物反応を反映している可能性がある。

福瀧ら¹²⁾は生後1カ月の下心臓型総肺静脈還流異常症例に対してPDS®を用いて共通肺静脈左房吻合術を施行し、術後約3カ月で吻合部狭窄をきたした例を報告した。組織学的に、縫合糸のあった部分を中心に線維組織の増生や炎症細胞の浸潤、血管の増生も見られ、吸収性縫合糸による狭窄と推察している。また平松ら¹³⁾は低圧系手術（総肺静脈還流異常症根治術、Fontan手術、Glenn手術など）にPDS®を使用した経験をまとめている。観察期間内に施行した16例の総肺静脈還流異常症の肺静脈-左房吻合で、術後約1.5カ月で吻合部狭窄による急性肺鬱血のため緊急手術を施行した。吻合部狭窄の原因は、吸収性縫合糸に対する組織の炎症反応と推定している。同時に検討した、PDS®を使用した高圧系手術（ASO, Blalock-Taussig短絡術、大動脈縮窄症根治術など）やPolyglycolic acid糸を使用した僧帽弁輪縫縮術においては狭窄を認めなかったとも報告している。

以上のように、これまでに報告された吸収性縫合糸による吻合部狭窄の例は静脈系のものが多い。一方で動脈系とくに大血管である大動脈で吻合部狭窄が生じた症例はきわ

めて稀であり、縫合糸の選択について考えさせられる症例であった。吸収性縫合糸は非常に有用である一方、本症例のように過剰な異物反応が生じる可能性もあるためその適応は慎重に行うべきであり、完全に吸収されるまでの期間は注意深い経過観察が必要と考えられる。現在われわれは対応策として、本症例以降、新大動脈の吻合方法を非吸収糸による単結節縫合へと変更している。また術直後に吻合部狭窄のない症例であっても、狭窄が遅発的に出現する可能性があることを念頭において密な超音波検査を行っている。

結 語

ASO 後に大動脈吻合部狭窄を生じた 1 例を経験した。本症例においては臨床経過や術中所見および組織学的所見から、吸収性縫合糸に対する過度な異物反応が狭窄の主要因であると考えられた。

文 献

- Oda, S., Nakano, T., Sugiura, J. et al. : Twenty-eight years' experience of arterial switch operation for transposition of the great arteries in a single institution. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2012 Feb 13. [Epub ahead of print].
- Fricke, T.A., d'Udekem, Y., Richardson, M. et al. : Outcomes of the arterial switch operation for transposition of the great arteries : 25 years of experience. *Ann. Thorac. Surg.* **94** : 139-145, 2012.
- Myers, J.L., Waldhausen, J.A., Pae, W.E. Jr. et al. : Vascular anastomoses in growing vessels : the use of absorbable sutures. *Ann. Thorac. Surg.* **34** : 529-537, 1982.
- Pae, W.E. Jr., Waldhausen, J.A., Prophet, G.A. et al. : Primary vascular anastomosis in growing pigs : comparison of polypropylene and polyglycolic acid suture. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **81** : 921-927, 1981.
- Steen, S., Andersson, L., Löwenhielm, P. et al. : Comparison between absorbable and nonabsorbable, monofilament sutures for end-to-end arterial anastomoses in growing pigs. *Surgery* **95** : 202-208, 1984.
- Ala-Kulju, K., Verkkala, K., Ketonen, P. et al. : Polydioxanone in coronary vascular surgery. *J. Cardiovasc. Surg.* **30** : 754-756, 1989.
- Tuchmann, A. and Dinstl, K. : Polydioxanone in vascular surgery. First experience with an absorbable suture in femoro-popliteal bypass. *J. Cardiovasc. Surg.* **25** : 225-229, 1984.
- Ikeda, S., Kaneki, S., Boku, N. et al. : STA-MCA anastomosis with continuous absorbable suture using polydioxanone (PDS). *Surg. Cerebral Stroke* **21** : 473-480, 1993.
- Irisawa, T., Shimazaki, T., Sato, T. et al. : Clinical experience of Blalock-Taussig shunt using absorbable polyglycolic acid suture. *Heart* **18** : 524-531, 1986.
- Myers, J.L., Campbell, D.B. and Waldhausen, J.A. : The use of absorbable monofilament polydioxanone suture in pediatric cardiovascular operations. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **92** : 771-775, 1986.
- Vincent, H.F., Hatem, J.M., Upshur, J. et al. : Atrial wound healing with polyglycolic acid and polypropylene sutures. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **86** : 150-153, 1983.
- Fukushima, N., Matsuda, H., Kadoba, K. et al. : The pulmonary venous obstruction following repair absorbable sutures in total anomalous pulmonary venous drainage. *Gen. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **40** : 992-995, 1992.
- Hiramatsu, T., Imai, Y., Isomatsu, Y. et al. : Experience of absorbable suture material in pediatric cardiovascular surgery. *Jpn. J. Cardiovasc. Surg.* **21** : 464-468, 1992.