

安定したバルーン大動脈弁形成術への工夫 J型成型ロングシース使用に至るまで

西川 浩，久保田勤也，大橋 直樹，松島 正氣

社会保険中京病院小児循環器科

Key words :

aortic stenosis, balloon aortic valvuloplasty, J-shaped long sheath, retrograde approach via a femoral artery

Device for Balloon Stability during Balloon Dilatation of the Aortic Valve: Utility of J-shaped Long Sheath for Balloon Aortic Valvuloplasty

Hiroshi Nishikawa, Kinya Kubota, Naoki Ohashi, and Masaki Matsushima

Department of Pediatric Cardiology, Social Insurance Chukyo Hospital, Nagoya, Japan

Background: In balloon aortic valvuloplasty (BAV) for congenital aortic stenosis (AS) it is technically difficult to maintain the balloon in the appropriate position during expansion because of cardiac contraction and pulsatile blood flow from the left ventricle.

Purpose: To report the technical change in BAV caused by the method of femoral artery approach used in our institution.

Methods: We reviewed 11 instances of BAV performed by the femoral artery approach in 7 cases in this institution.

Results: We first used a single balloon with a short sheath for BAV. The balloon was not stable at the aortic valvular level, and we changed from the single balloon method to a double balloon method. However, it was still difficult to maintain the balloon's position at the valvular level. We then began to use an established long sheath with the single and double balloon methods. The balloon position stabilized with the long sheath. However, the sheath kinked at the region of the aortic arch, causing difficulty in reinsertion of the balloon. We then introduced a long sheath that we had molded to a J-shape in each case. The J-shaped long sheath reduced balloon displacement and sheath kinking in the aortic arch, and we were able to perform stable BAV.

Conclusions: We conclude that the J-shaped long sheath is a safe, useful device for BAV.

要 旨

背景：バルーン大動脈弁形成術 (balloon aortic valvuloplasty : BAV) では左室駆出によりバルーン拡張中の位置ズレを起こすため、バルーン位の安定のためにさまざまな手法が試みられている。

目的：当院での大腿動脈アプローチ法での変遷につき検討し、現況を報告すること。

対象：当施設におけるBAV例のうち、総頸アプローチ法を除き、後方視的検討が可能な7例11回につき検討した。

結果：1) ショートシース+シングルバルーン(3回)、2) 体静脈バルーン閉鎖+ショートシース+シングルバルーン(1回)、3) ショートシース+ダブルバルーン(2回)、4) 既成ロングシース(3回；うち1例はダブル)、5) J型成型ロングシース(2回)と変遷した。1)~3)では拡張中に弁位で安定せず。4)以降、バルーン位は安定したが、シースが大動脈弓部でkinkし、バルーン再挿入を困難にする例があった。最近5)の体格に合わせてJ型に成型したロングシースを用いた手法により安定した形成術を行えた。

考察：J型成型ロングシースは大動脈弓の大弯側に合わせたものを使用し、拡張中のバルーン移動を抑えることが可能であった。

結語：J型成型ロングシースの使用は1)バルーン移動の抑制と2)弓部でのkink回避を可能とした安全な方法と思われた。

はじめに

先天性大動脈弁狭窄 (aortic stenosis : AS) に対する経皮

的バルーン弁形成術 (balloon aortic valvuloplasty : BAV) は1984年にLababidiらによって初めて報告された¹⁾。それ以後、BAVは外科的弁形成術と同等以上の治療成績

平成18年12月20日受付

別刷請求先：〒457-8510 名古屋市南区三條 1-1-10

平成19年10月4日受理

社会保険中京病院小児循環器科 西川 浩

Table 1 Patient profiles

No.	sex	age	Ht (cm)	BW (kg)	PG (pre)	PG (post)	method
1	m	6.4	117.3	20.4	40	32	SS + SB
2	m	11.5	136.5	35.4	50	20	SS + SB
3	m	9.6	131.6	20.4	60	50	SS + SB
4	m	10.6	136.0	22.8	75	40	OCC
5	f	4.5	107.0	14.8	56	75	SS + DB
6	m	11.6	140.3	23.0	72	64	SS + DB
7	f	7.1	118.0	17.6	80	60	LS + SB
8	f	10.5	144.5	30.5	50	50	LS + SB
9	f	1.6	78.0	9.8	98	60	LS + DB
10	f	5.2	105.3	15.4	25	10	JLS + SB
11	f	3.5	94.0	13.5	54	15	JLS + SB

Ht: height, BW: body weight, PG: pressure gradient, SS: short sheath, SB: single balloon, OCC: occlusion, DB: double balloon, LS: long sheath, JLS: J-shaped long sheath

が報告されるようになり、現在、小児科領域においてはASに対するBAVの有効性は認められ、手術介入の回避、もしくは介入時期を遅らせる点からも第一選択として行われている施設が多い²⁾。一方で、手技上の問題として、大腿動脈からの逆行性アプローチ法の際には、バルーンの拡張中に左心室からの拍出の影響を受けて、完全に拡張する前に大動脈弁位から位置ズレを起こす“ピンポン玉現象”が生じてしまい、短時間のうちに有効な拡張を得ることが困難なことが多い。このため、われわれの施設ではこれまでに乳児期以降の大動脈を用いた逆行性アプローチ法の際に、年代ごとに拡張中のバルーン位置安定のためにさまざまな手法を試みてきた。

目 的

大腿動脈アプローチ法におけるASに対するBAVの際、ピンポン玉現象によるバルーンの位置ズレを回避すべく、当院における大腿動脈アプローチ症例での手法の変遷につき検討して、現在のJ型成型ロングシース法を用いることで安定してBAVを施行し得ることを報告すること。

対 象

当科では1989年8月以降、12例18回BAVを施行してきた。後方視的検討が可能であった10例16回のうち、頸動脈アプローチ法を用いた新生児期の重症大動脈弁狭窄症(critical AS)を除いた7例11回を対象とした。

年齢は0.1～11.5歳(中央値7.1歳)、身長は47.5～144.5cm(中央値118.0cm)。性別は男児3例、女児4例

である(Table 1)。

結 果

拡張中のバルーンの安定法はシース、バルーン数、その他の点で変更を加えてきたため、経過順に以下のように分類した。1)ショートシース+シングルバルーン(3回)、2)体静脈バルーン閉鎖+ショートシース+シングルバルーン(1回)、3)ショートシース+ダブルバルーン(2回)、4)既成ロングシース(3回;うち1例はダブル)、5)J型成型ロングシース(2回)へと移ってきた。1)～3)では拡張時に弁位で安定しなかった。ロングシースを使用しはじめた4)以降、バルーン位は安定したが、シースが大動脈弓部でkinkし、バルーン回収を困難にする例があった。最近(5)の手法により安定した形成術を行えている。おのおのの手法の結果を以下に述べる。

1) ショートシース+シングルバルーン(3回)

バルーン自体が希釈造影剤での拡張中に左心室から駆出されてしまい、有効な弁位で固定することが困難であった(Fig. 1)。

2) 体静脈バルーン閉鎖+ショートシース+シングルバルーン(1回)

上大静脈および下大静脈を閉鎖バルーンで閉鎖して、心臓への還流を制限することで心拍出量を減らして弁位でのバルーンの動きを制限する手法であるが、当時、閉鎖バルーンに使用するシースサイズが12Frと小児において太すぎることやそれぞれのバルーンを息を合わせて拡張するなど操作が煩雑であるうえに、手技にかかわる人数も多く必要であった。また、バルーン

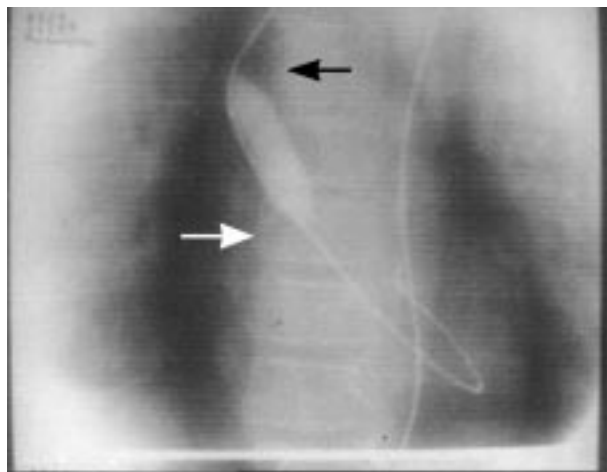


Fig. 1 The balloon slipped off the stenotic aortic valve before complete expansion, and the waist was not formed. White arrow: position of the stenotic aortic valve, Black arrow: bending balloon catheter.

の動きの制限を十分にするまでには低心拍出から徐脈に陥るため、循環動態を悪化させる可能性があった。

3) ショートシース+ダブルバルーン(2回)

ダブルバルーンとすることで個々のバルーン容量を少なくして拡張に要する時間を短縮することと、完全拡張時にもバルーンと弁との間に隙間ができることで、駆出による影響の減少を図った。しかし、実際にはバルーンの安定は得られなかった。

4) 既成ロングシース(3回;うち1例はダブルバルーン)

2003年9月より既成のロングシースを用いるようになり、バルーンが左心室の拍出により押し戻されることがないようにバルーン自体の近位部を直接ロングシースの先端で押さえ、弁位で安定を図った。しかし、既成のストレート型ロングシースでは、拡張した上行大動脈の中でシース自体もバルーンによって幾分伸び上がってしまうために長めの40mmバルーンを必要としたが、十分拡張させるまでに時間を要し、効果が得られにくかった。バルーン交換時に大動脈弓部の弯曲でシースにkinkが発生し、再度バルーンを挿入することができず、またガイドワイヤーも通りづらいため抜去にも困難を要した例があった。

5) J型成型ロングシース(2回)

以上の経緯を踏まえて、対象症例の大動脈弁上部から上行大動脈の大弯部を通り、大動脈弓の弯曲形状に合わせて、さらに下行大動脈に向かうように既成ロングシース先端部をJ型に成型準備して使用した。この使用により拡張中のバルーンの移動は最小限に留まり、

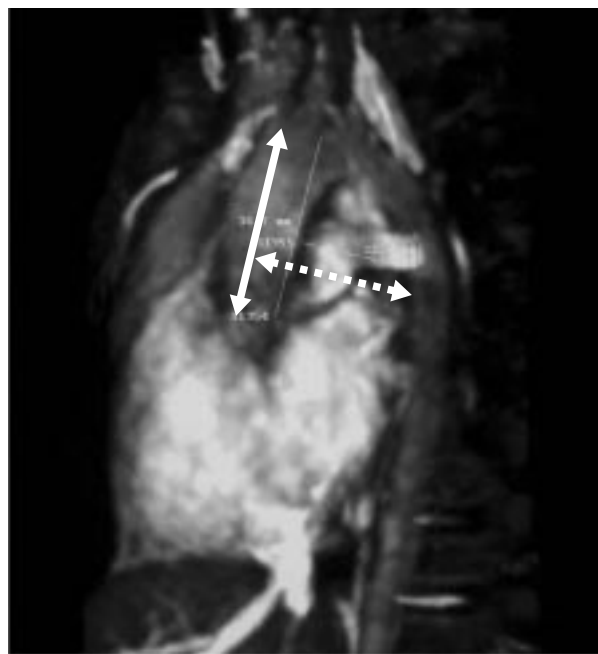


Fig. 2 Lateral MRI view of the thoracic aorta. We measured the length of the ascending aorta (line arrow) and distance to close the ascending aorta and descending aorta (pointed arrow) by a straight line and molded a long sheath to a J-shape.

比較的短時間で安定したBAVが可能となった。

以下に、J型成型ロングシースを用いてBAVを施行した症例を提示する。

症例1: 5歳女児。身長105.3cm。出生時にASを指摘され、1歳時から当院で観察。エコー上、大動脈弁での流速3.8m/sとなり、BAVを計画。あらかじめMRK (Fig. 2)で大動脈弓から下行大動脈部の計測を行い、それを参考にメディキット社製ロングシース50cm, 5-9FrをおのおのJ型に成型準備した。術前の左室圧146mmHg, 圧較差27mmHg, 弁輪径17.8mmに対して血管拡張用カテーテルTyshakバルーン径15mm/バルーン長3cm(弁輪径の84%)を選択。pigtailカテーテルから0.035 inch superstiffワイヤーを用い、8Frの成型シースに入れ替えた。大動脈弓部に沿ったシースの通過は容易で、拡張時のバルーン位の固定も良好でシースのkinkは生じなかった。このため、バルーン回収およびカテーテルの入れ替えも安定して行うことができた。終了時には左室圧118mmHg, 圧較差10mmHg, 心エコー上の流速2.1m/sに改善した (Fig. 3)。

症例2: 3歳6カ月女児。身長94.0cm。4カ月検診で心雑音を指摘。心室中隔欠損症 (ventricular septal defect: VSD), 肺高血圧症にて生後4カ月時にVSD閉鎖術を施行。生後7カ月よりASを認めた。1歳7カ月時にBAV

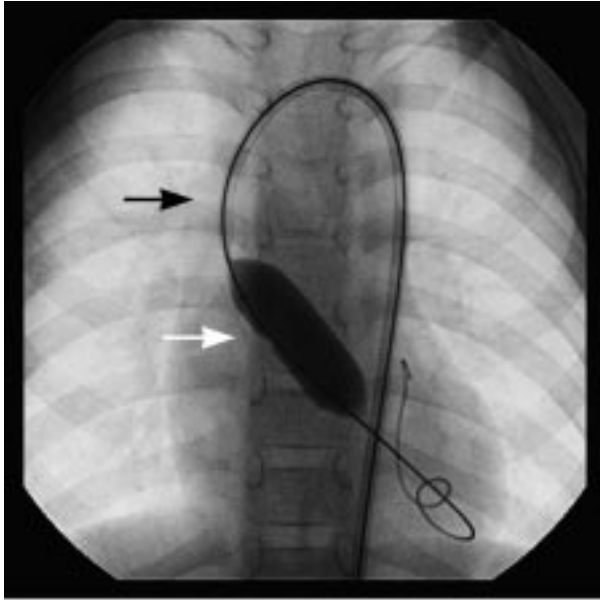


Fig. 3 A J-shaped 8 Fr long sheath with 0.035 inch superstiff guidewire limited direct movement of the balloon, and a waist was formed at the position of the stenotic aortic valve.
White arrow: stenotic aortic valve, Black arrow: 8 Fr J-shaped long sheath.



Fig. 4 A J-shaped 7 Fr long sheath with 0.018 inch platinum plus guidewire directly limited movement of the balloon, and a waist was formed at the stenotic aortic valve.
White arrow: stenotic aortic valve, Black arrow: 7 Fr J-shaped long sheath.

を行うが60mmHgの圧差を残した。外来経過観察中に経胸壁心エコー上、大動脈弁での流速の改善を認めないため成型ロングシースを用いたBAVを計画。症例1のときにMRIと経胸壁心エコーの計測にあまり差がなかった経験と幼児である点から、経胸壁心エコーでのみ大動脈弓部の計測を行いロングシースの成型を行った。左室圧150mmHg、圧較差54mmHg。大動脈弁輪径は正面像15.1mm、側面像12.8mmであり、側面像から血管拡張用カテーテルTyshakバルーン径12mm/バルーン長2.5cm(弁輪径の93%)を選択。7FrのJ型成型ロングシースと0.018 inch platinum plusワイヤーの使用により弁位でのバルーンの固定は容易であり、バルーンのwaistは消失した。術後は左室圧120mmHg、圧差15mmHgに改善。大動脈弁逆流はI度であった(Fig. 4)。

考 察

先天性大動脈弁狭窄に対する経皮的バルーン弁形成術はLababidiらが1984年に初めて報告¹⁾し、以降、外科的弁形成術と同等以上の治療成績が報告されてきた³⁾。現在では、小児期におけるASに対するBAVは多くの施設において第一選択とされ²⁾、Reichらは、手術回避率は10年で約70%と報告し、外科手術の回避、もしくは介入時期を遅らせることに貢献していると考えられる⁴⁾。しかし、実際の手技のなかで、大腿動脈にショート

シースを留置してシングルバルーンで拡張を行う逆行性アプローチ法を用いた際には、バルーンが拡張されていく間に左心室からの拍出の影響を受けて大動脈弁位から外れてしまい、何度もやり直しを必要とすることが経験される。当施設では、拍出の影響により、狭窄した大動脈弁位に留まらず上行大動脈側や左心室側へとバルーンが激しくズれる動きを“ピンポン玉現象”と呼び、このピンポン玉現象を抑えるべくさまざまな工夫を行ってきた。

ダブルバルーン法はMullinsらにより報告された。シングルバルーンに比較して、個々のバルーン拡張に要する希釈造影剤の容量は少なくすむため短時間での拡張が可能となり、バルーンの移動を防げると考えた⁵⁾。また、ダブルバルーン、trefoilバルーンは最大拡張時にもバルーンの間隙を通して血流を維持できる点での有効性も報告されている^{6,7)}。しかし、われわれの経験ではピンポン玉現象の制限という観点からは有効ではなかった。

ピンポン玉現象を抑制する点では血液循環を制限する方法とバルーンを機械的に押さえる方法が挙げられる。前者のうち、当施設で行った閉鎖バルーンを用いた静脈還流制限法では数人で息を合わせてバルーン閉鎖および拡張を行うなど手技が煩雑であり、多くの人数を必要とした。開発者のIshiguchiらはこの手法により

胸部大動脈瘤にステントグラフト留置を行い、ステントグラフトの末梢側への移動を最小限にすることが可能であったと報告した⁸⁾。われわれの場合、目標部位は血管ではなく半月弁であるため、還流を制限できたとしても心拍動の影響を直接受けてしまうため有効ではなかった。カテーテル治療中に心拍出によるdeviceのズレを回避する別の方法として、Dorrosらはアデノシン投与により一過性心停止を起こす方法⁹⁾を、Kahnらは心室細動を誘発する方法¹⁰⁾を、Daehnertらは右心室へのrapid pacingを行う方法¹¹⁾をそれぞれ報告している。アデノシン法は効果発現までの時間や持続時間が一定しない、心室期外収縮が出現するなどからスタンダードとはならなかった。心室細動法では術後の除細動を必要とするなどが欠点として挙げられた。いずれの手法においても、その原理である一時的な循環動態の低下はそれ自体がデメリットにつながると思われる。

後者では、バルーンの末梢側へと押し出される動きをシース自体で押さえる手法が簡便で実用的であると考え、当施設ではロングシース法を導入した。1990年にPlanteらはロングシースを用いたBAVを報告している。しかし、このときに使用されたシースは16.5Frと大変太いサイズのものであり、シース内腔の血栓の形成と止血に要する時間を問題点として挙げられていた¹²⁾。これは当時のバルーンカテーテルが太いシースを必要としたためであり、その後のバルーンの進化により、現在ではそれほどのサイズのシースは必要ではなく、それに伴い血栓形成などの合併症の発生率は減ると思われる。しかし、既成のストレート型ロングシース法ではシース自体が伸び上がる、拡張に要する時間の延長などの問題や大動脈弓部でのシースのkinkが問題となった。このため、2005年3月以降はJ型成型ロングシース法を導入した。シースのJ型の形状は伸び上がりを抑えるために大動脈弓の大弯側に合わせたものを使用した。このシースの使用により大動脈弓部の通過をスムーズにし、かつ、ピンポン玉現象を最小限に留め、大動脈弁位でのバルーンの拡張を短時間にすませることを可能とした。

シースの成型に関しては、1例目は基にする画像検査として造影3DCTとMRIとの比較から、造影剤という侵襲のないMRIを選択した。2例目では幼児であったことと、1例目でのMRIの計測値と経胸壁心エコーでの計測値とが同等であったことから、エコーのみの計測値で作成した。発注からは手元に届くまでにおよそ1カ月を要した。使用シースはバルーンによる跳ね戻しを想定し、大動脈弓の大弯側に合わせたものを使用した。以下にJ型成型ロングシースの利点と問題点につきまと

めて述べる。

利点としては、1) 拡張中のバルーンの移動を制限できるため、弁位での拡張が容易であり、術者のストレスが軽減される。2) 2.5cm長バルーンの使用が可能であり、拡張時間の短縮が図れる。3) 低心拍出とする手法と比較して循環動態を変化させる必要がなく、循環動態の安定が図れる。

問題点としては、1) 症例ごとに合わせたオーダーが必要となるが、今回の2例目では経胸壁心エコーでの計測のみで可能であった。2) 大きな体格での経験はなく、シースの全長によっては困難な例があり得る。現状では鼠径部から大動脈弁までの距離が約95cmまでは可能と考えられる。バルーンを支える支持力からは8Fr以上が適当と思われ、体格の小さな症例では血管障害に注意する必要がある。これは併用可能なガイドワイヤーの支持力にもよる。われわれはsuperstiffガイドワイヤーを好んで用いている。3) 左心系でのシース周囲の血栓形成について、われわれの施設では大腿動脈アプローチ法のロングシース使用例は既成シースを含めて5回行ったが、シース挿入時にヘパリン100単位/kgをシースのサイドポートから注入して行っており、これまで血栓形成や脳血管障害を併発した症例はないが、今後は活性凝固時間(activated coagulation time: ACT)でのヘパリンの効果の観察と、術後数日のヘパリン持続投与の導入を検討している。4) この手法ではロングシースは、neck vesselsを越えて上行大動脈もしくは大動脈弁口近くでその先端が開くため、送り込みなどによる空気塞栓の発生には特に注意を要する。われわれが用いたシースにはサイドポート付き逆止弁機能がついていること、また、先端は大気圧よりも明らかに高い血圧の血管内にあるため空気が吸い込まれる可能性が低いことなどから、シース内の空気抜きを十分に行うなどの注意を払えば空気塞栓の発生は起こりにくいものと思われる。さらに、そのモニターとして胸部誘導心電図を装着して施行すれば、仰臥位の際に高位に位置するであろう右冠動脈への虚血所見などにはいち早く気づくことが可能と考えられる。

以上を考慮したうえで、BAVにおけるJ型成型ロングシースの使用は安全で有効な手法の一つであると考えられた。

結 語

体格によっては使用が制限される可能性はあるが、J型成型ロングシースを用いたBAVは、1) シースによるバルーン移動の抑制と、2) 戸部でのシースのkinkの回避を可能とし、安全で有効な方法と思われた。

本論文の要旨は第42回日本小児循環器学会総会・学術集会 (2006年7月, 愛知)にて発表し, 座長の投稿推薦を受けた。

【参考文献】

- 1) Lababidi Z, Wu JR, Walls JT, et al: Percutaneous balloon aortic valvuloplasty: Results in 23 patients. *Am J Cardiol* 1984; 54: 194–197
- 2) Tomita H, Echigo S, Kimura K, et al: Balloon aortic valvuloplasty in children: A multicenter study in Japan. *Jpn Circ J* 2001; 65: 599–602
- 3) 安河内聡: 大動脈弁狭窄. *循環器科* 2005; 58: 152–161
- 4) Reich O, Tax P, Marek J, et al: Long term results of percutaneous balloon valvoplasty of congenital aortic stenosis: Independent predictors of outcome. *Heart* 2004; 90: 70–76
- 5) Mullins CE, Nihill MR, Vick GW 3rd, et al: Double balloon technique for dilation of valvular or vessel stenosis in congenital and acquired heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10: 107–114
- 6) Meier B, Freiedli B, von Segesser L: Valvuloplasty with trefoil and bifoil balloons and the long-sheath technique. *Herz* 1988; 13: 1–13
- 7) 堀米仁志, 佐藤秀郎, 厚美直孝, ほか: 経皮的弁・血管形成術におけるTrefoilバルーンカテーテルの血流維持効果の検討. *日小循誌* 1995; 11: 40–47
- 8) Shiguchi T, Nishikimi N, Usui A, et al: Endovascular stent-graft deployment: Temporary vena caval occlusion with balloons to contral aortic blood flow-experimental canine study and initial clinical experience. *Radiology* 2000; 215: 594–599
- 9) Dorros G, Cohn JM: Adenosine-induced transient cardiac asystole enhances precise deployment of stent-grafts in the thoracic or abdominal aorta. *J Endovasc Surg* 1996; 3: 270–273
- 10) Kahn RA, Marin ML, Hollier L, et al: Induction of ventricular fibrillation to facilitate endovascular stent graft repair of thoracic aortic aneurysms. *Anesthesiology* 1998; 88: 534–536
- 11) Daehnert I, Rotzsch C, Wiener M, et al: Rapid right ventricular pacing is an alternative to adenosine in catheter interventional procedures for congenital heart disease. *Heart* 2004; 90: 1047–1050
- 12) Plante S, Beatt KJ, van den Brand M, et al: Assessment of the “long sheath” technique for percutaneous aortic balloon valvuloplasty. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1990; 19: 129–135