

Amplatzer septal occluder を用いた心房中隔欠損閉鎖術—留置手技に関する考察—

矢崎 諭¹⁾, 北野 正尚¹⁾, 新居 正基¹⁾
 山田 修¹⁾, 木村 晃二²⁾, 越後 茂之¹⁾
 国立循環器病センター小児科¹⁾
 同 放射線診療部²⁾

Key words :

atrial septal defect, Amplatzer septal occluder, transcatheter closure

ASD Closure with the Amplatzer Septal Occluder—Technical Consideration—

Satoshi Yazaki,¹⁾ Masataka Kitano,¹⁾ Masaki Nii,¹⁾ Osamu Yamada,¹⁾ Koji Kimura,²⁾ and Shigeyuki Echigo¹⁾

Departments of ¹⁾Pediatrics and ²⁾Radiology, National Cardiovascular Center, Osaka, Japan

Background: Clinical experience using the Amplatzer septal occluder (ASO) is not sufficient in Japan.

Methods: Between August 2005 and November 2006, 53 patients underwent successful closure of ASD with ASO in our institution. Immediate- to intermediate-term results and technical problems and complications were investigated.

Results: The procedural success rate was 98.1%. Mean pulmonary-to-systemic flow ratio was 2.7 ± 0.8 , mean ASD size was 14.5 ± 3.7 mm and mean device size was 19 ± 5 mm. Mean follow-up duration was 6.6 months. Transesophageal echocardiographic examination (TEE) revealed residual tiny leakage in 3 of 30 patients (10%) after six to twelve months. There was no death or significant complication.

Conclusion: ASO has proved to be a safe and effective device for percutaneous ASD closure. Technical difficulties mainly depend on ASD size and aortic and postero-inferior rim anatomy. Appropriate patient and device selection based upon experienced TEE is a key to success and safety.

要 旨

背景：Amplatzer septal occluder（以下 ASO）は 2005 年から心房中隔欠損（以下 ASD）の治療に臨床使用されているが、本邦での治療経験は蓄積途上である。

方法：2005 年 8 月から 2006 年 11 月までに ASO による ASD 閉鎖を試みた 54 症例において、留置手技、治療成績、合併症について検討し、閉鎖術を行う際の実際の留意点について考察した。

結果：54 症例中 53 症例（98.1%）で留置が可能であった。平均値で透視時間は 17 分、治療後在院日数は 5 日、肺体血流量比は 2.7 ± 0.8 、ASD 径は 14.5 ± 3.7 mm、閉鎖栓サイズは 19 ± 5 mm であった。留置後の経過観察期間は平均で 6.6 カ月であった。術後 6～12 カ月時点の経食道心エコー図（以下 TEE）では、10%にごくわずかな遺残短絡を認めた。合併症は片頭痛 2 例、一過性心房性期外収縮 1 例、大腿動静脈瘻 1 例であった。

結論：ASO は安全かつ有効な治療手段であった。手技的難易度は主として ASD 径と大動脈側および後下方 rim の性状に依存する。治療の成否や安全性に影響する因子は、症例選択と適正サイズの閉鎖栓選択の 2 点に集約されるため、TEE への熟練がポイントとなる。治療経験と経過観察から得るものをフィードバックしつつ、段階的に手技的難易度の高い症例に臨むべきと考えられた。

はじめに

心房中隔欠損（以下 ASD）のカテーテル治療は 1976 年の King らの報告¹⁾以来、さまざまな閉鎖栓が開発され臨床応用が試みられてきた²⁻⁶⁾。多くの閉鎖栓に共通する構造は 2 枚の傘で欠損孔を挟み込むものだが、満足できる成績はなかなか得られなかった。1997 年に登場した Amplatzer septal occluder

（以下 ASO；AGA Medical Corp, Golden Valley, MN, USA）は ASD のカテーテル治療成績を飛躍的に向上させた⁷⁾。良好な中長期成績も確認され⁸⁾、ASO は ASD に対するカテーテル治療の標準的な存在になったといっても過言ではない。

本邦では 1998 年から ASO の臨床試験が行われ、2005 年 3 月の厚生労働省の認可を経て 2005 年 8 月から臨床

平成 19 年 1 月 5 日受付 別刷請求先：〒 565-8565 大阪府吹田市藤白台 5-7-1

平成 19 年 6 月 25 日受理

国立循環器病センター小児科 矢崎 諭

使用が開始された。2006年4月からは健康保険が適用される治療となった。本稿執筆時点までに、臨床試験時の症例を含めて全国で180例を超える治療が行われている。しかし、1施設当たりの治療件数は50件前後までであり、十分な経験が蓄積されたとは言い難い。いわゆるラーニングカーブを辿る現在の状況において、安全かつ有効なASO治療を行うための実際上の問題点について検討した。

対象と方法

2005年8月から2006年11月までの間にASO治療を試みた54症例を対象とした。男性16例、女性38例で、年齢は6～78歳(中央値20歳)、体重は20～83kg(中央値52kg)、肺体血流量比は1.2～5.1(平均値±標準偏差;以下同様 2.7 ± 0.8)であった。経食道心エコー図(以下TEE)によるASD径は4.1～26.0mm(14.5 ± 3.7 mm)であった。この径はASDを楕円形と想定し、TEE断面のおおむね0度、45度、90度、135度にて計測した長径と短径の平均値を用いた。閉鎖栓留置症例の観察期間は0～15カ月(平均値6.6カ月)であった。治療適応は、心臓カテーテル検査で肺体血流量比が1.5以上もしくは心エコー図にて右心系の容量負荷(右心室の拡大、心室中隔の奇異性運動など)が確認されているもののうち、閉鎖栓の添付文書に記載された治療適応とする解剖学的な特徴(欠損孔の径が38mmを超えない、欠損縁から冠状静脈洞、房室弁および右上肺静脈までの距離が5mm以上)を満たすものとした。ただし、ラーニングカーブにおける安全性を優先したため、対象期間前半の12カ月間は複数の閉鎖栓留置が必要な症例、欠損孔が大きく留置困難が予想される症例、心房サイズに比べて想定される閉鎖栓が大きいため留置後の経過に懸念が生じる症例は対象としなかった。rim欠損については、大動脈側のみの欠損は対象に含め、他の部位や複数のrim欠損は適応外として除外した。短絡量は少ないが、奇異性塞栓症による二度の脳梗塞の既往のため治療適応としたものが1例あった。合併心奇形は肺動脈弁狭窄2例(うち1例はバルーン肺動脈弁拡大術後)、末梢性肺動脈狭窄を伴うAllagille症候群1例、右上肺野の一部の肺静脈が上大静脈に還流する部分肺静脈還流異常1例、軽度の大動脈弁閉鎖不全を伴う二尖大動脈弁1例で、いずれも治療適応とならない重症度の病変であった。肺体血流量比とASD径の分布をFig. 1に示す。

全例で事前にTEEを行い、ASD径、大動脈、房室弁、冠状静脈洞、右上肺静脈、上大静脈、下大静脈、後方および上方心房自由壁までの距離を計測して、解剖学的なASO治療の適応を確認した。書面によるインフォ-

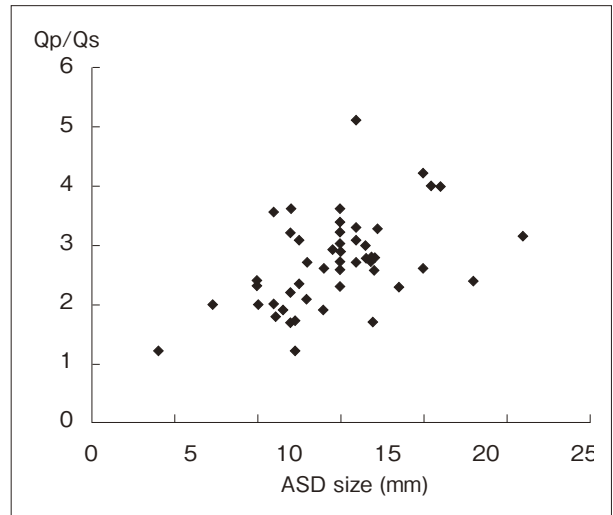


Fig. 1 ASD size and pulmonary/systemic flow ratio (Qp/Qs).

ムドコンセントを得た後に、麻酔科医による気管内挿管を伴う全身麻酔管理の下に、まず圧測定、オキシメトリー等の診断的カテーテル検査とTEE所見の再確認を行い、続いてTEEナビゲーションの下にASO治療を行った。バルーンサイジングはAGA社製のサイジングバルーンを使用し、希釈造影剤を徐々に注入し、TEE上の短絡血流が消失した時点の径をバルーン閉塞径とした⁹⁾。閉鎖栓は通常バルーン閉塞径と同サイズか1～2mm大きいものを選択し、AGA社製のロングシースもしくは必要時にHausdorf-Lock atrial sheath (Cook, Bloomington, IN, USA)を用いて留置した。

結 果

54症例のうち53症例でASOが留置可能であり、手技的成功率は98.1%であった。透視時間は8～35分(平均値17分)、治療後在院日数は3～10日(平均値5日;大腿動静脈瘻合併に対する外科治療例の16日を除外)であった。Fig. 2に治療可能例のASD径、バルーン閉塞径、閉鎖栓サイズを示す。ASD径4.1～26.0mm(14.5 ± 3.7 mm)に対して、バルーン閉塞径は8.8～30.5mm(19.0 ± 4.4 mm)、閉鎖栓サイズは8～32mm(19 ± 5 mm)であった。stop-flow methodの報告⁹⁾と同様に、閉鎖栓サイズは平均でASDより約5mm大きかった。

手技上のイベントとして、閉鎖栓のCobra head変形(Fig. 3)¹⁰⁾を来し、閉鎖栓を交換した症例が1例、閉鎖栓のシース内への引き込みの際に抵抗が強く、シースの蛇腹変形を来し、エクステンジシステムを用いてシースを交換した症例が2例、通常の留置方法では左心房側ディスクが右心房に脱落するため、左肺静脈からの閉鎖栓展開を要した症例が4例あった。急

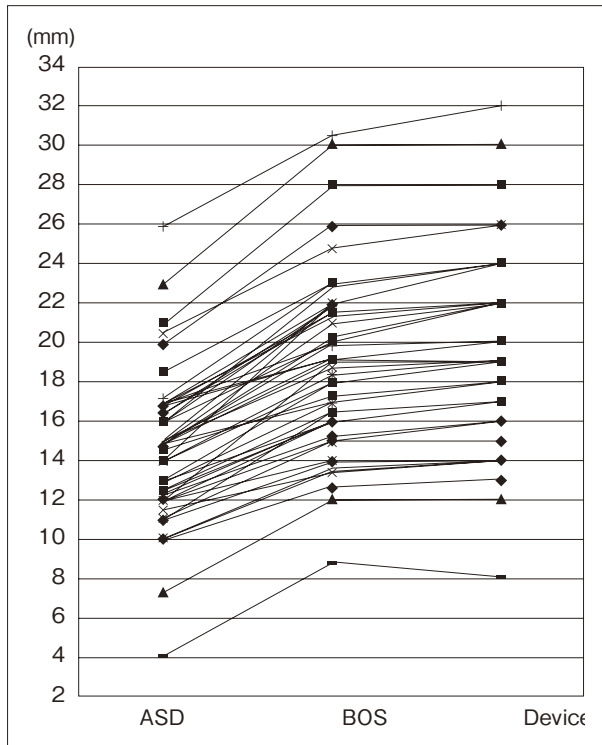


Fig. 2 ASD size, balloon occlusion size (BOS), and device size.

性期から観察期間を通じての合併症は、片頭痛 2 例（1 例は短期間で軽快，1 例は内科的治療を継続），治療を要さない一過性の心房性期外収縮 1 例，外科的処置を要した大腿動静脈瘻 1 例であった。

50 歳以上の 4 例でバルーンによる ASD 閉鎖前後の左心室拡張終期圧を確認し，閉鎖により平均 6.5mmHg の圧上昇を認めた。このうち 60 歳以上の 2 例で conditioning therapy（ミルリノン等の術前からの投与）を実施した¹¹⁾。実施症例、非実施症例ともに術後の肺うっ血症状はなかった。また，ASD 症例では一般に加齢に伴い不整脈を合併する頻度が増加するが，今回の対象には治療を要する不整脈を合併する症例はなかった。ASO 治療後は左心房内を標的とするカテーテルアブレーションが困難となる。このため，現在のところ当院では持続する心房細動などの有意な不整脈を合併する症例は ASO 治療の対象としていない。合併する不整脈に関して，どの程度の重症度まで ASO 治療の適応とするか，カテーテルアブレーション後であれば ASO 治療適応と考えてよいか等は今後の検討課題である。

ASO 留置が不可能であった症例は 13 歳，41kg の女児で，肺体血流量比は 4.2，21 × 19mm の主欠損の後方から下方の rim は極めて薄く，その薄い部分に 2mm 大までの小欠損が主欠損から離れて 3 個存在する ASD 形

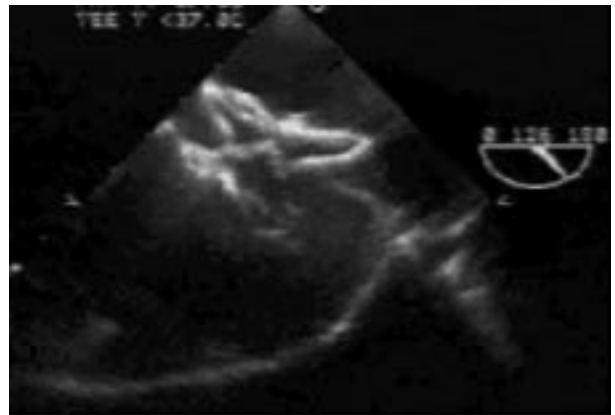


Fig. 3 Cobra head malformation (TEE image).

態であった。ディスクが覆わない小欠損は放置する予定で治療に臨み，バルーン閉塞径に等しい 26mm 閉鎖栓を選択。大動脈側 rim が 1mm と乏しいことも重なり，左心房側ディスクの右心房への脱落を反復した。この試行の後に心房後壁に近い小欠損が約 9mm に拡大していることが判明したため，両欠損の ASO による閉鎖は不可能と判断して手技を終了した。小欠損へのシース通過がないことは常時確認しており，閉鎖栓の脱落とシースへの再収縮を反復する過程で，小欠損周囲の薄い心房中隔に緊張が加わったため欠損縁が裂けて欠損が拡大したものと考えられた。症例のちに外科的 ASD 閉鎖術を受けた。

遺残短絡については，経胸壁心エコー図に比較してより敏感度の高い TEE での評価を行った。術後 1～3 カ月時点の TEE では短絡の残存は 36 例中 15 例（42%）にみられ，その 15 例のうち 6～12 カ月時点で評価を行った 9 例中 3 例で短絡が残存していた。よって，術後 6～12 カ月までの完全閉鎖率は全体で 90%（27/30）であった。ただし，短絡の量的レベルとしては，臨床的に軽視できないカラーフロー幅 2mm を超える遺残短絡は 1 例もなく，すべて 2mm 以下のわずかなものであった。短絡部位は全例で rim の少ない大動脈側であり，2 枚のディスクの隙間を縫うように漏れるものであった。短絡残存群と完全閉鎖群の間で大動脈側 rim 長（平均値 1.8mm 対 3.9mm）および ASD 径と閉鎖栓サイズの差（平均値 6.0mm 対 4.9mm）に有意差はなかったが，大動脈側 rim が乏しいこと，ディスクがハの字型に開くことの 2 つの条件の重複が短絡の遺残を遷延させる要因と考えられた。TEE による観察では，時間経過に伴いディスク間の隙間が心内膜組織によって埋まっていく所見が得られている。報告されている経胸壁心エコー図による評価に比べると TEE では遺残短絡率が高いが，上記観察

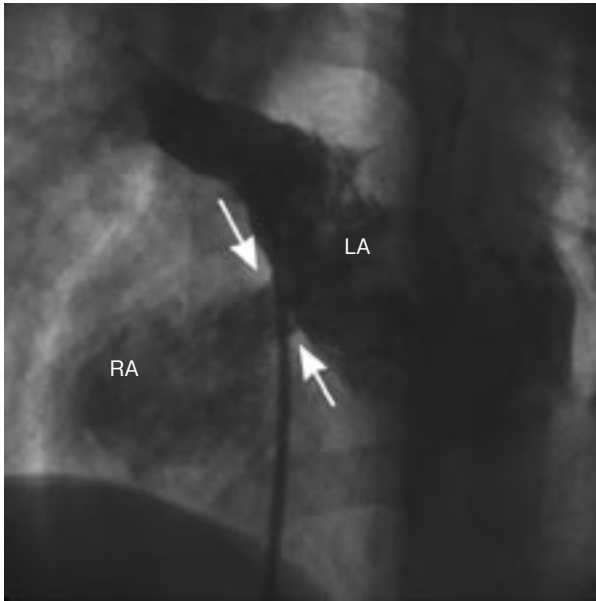


Fig. 4 Right upper PV graphy.
Arrows indicate shunting across ASD.
LA: left atrium, RA: right atrium

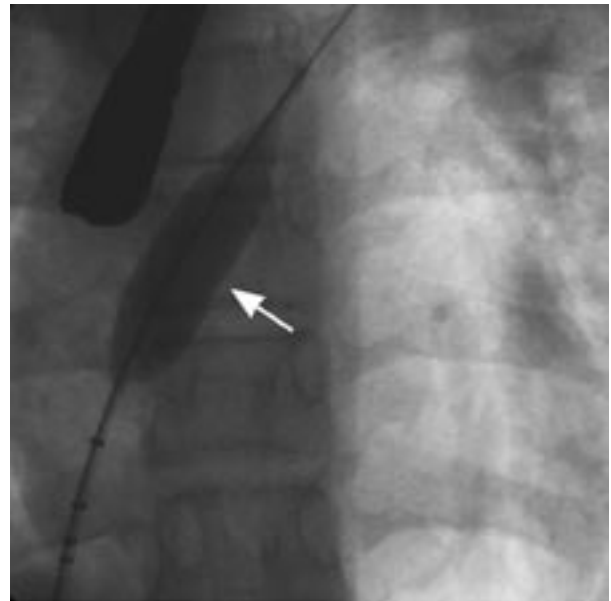


Fig. 5 Balloon sizing (fluoroscopic image).
Arrow indicates a dimple corresponding to ASD margin.

からすると中長期的には低い遺残短絡率に収束するものと予想される。

考 察

ASDの治療用器具としては clamshell device, buttoned device, ASDOS, Angel Wings, CardioSEAL 等が ASO と同時期までに登場し²⁻⁶⁾、その後も StarFLEX, Helex 等が登場している¹²⁾。ASO 以前の閉鎖栓には遺残短絡率が高い、留置手技が煩雑ないし難しい、留置中止・再収納が困難といった欠点があった。

ASO は 0.004 ~ 0.0075inch の Nitinol (ニッケル・チタン合金) のワイヤーで編まれたメッシュの 2 枚の傘にポリエステルのパッチが縫着された構造をしている。2 枚の傘は ASD のサイズに対応するコネクティングウエストで連結し、この部分が ASD にステントする形で留置される self-centering 機能を有する。この機構は閉鎖栓の安定した留置形態をもたらすとともに、遺残短絡の減少に寄与する⁷⁾。右心房側のディスクの中央にステンレス製のネジ状の接続部があり、コネクティングケーブルに着脱できる。接続部のネジを回して外さないかぎり、閉鎖栓の位置を修正すること、デリバリーシース内に再収納することが可能である。本邦で使用可能な閉鎖栓は 6 ~ 38mm で、これはコネクティングウエストの直径を表す。最大径となる左心房側ディスクの直径は閉鎖栓サイズとして表記されるものより 12 ~ 16mm 大きい。デリバリーシースは閉鎖栓のサイズに応じて 6

~ 12Fr であり、より低侵襲な治療が可能である。

以上の特徴から ASO は留置術における手技的成功率が高く、治療の有効性(完全閉鎖率)も高い。留置技術のラーニングカーブも短いとされている⁸⁾。また、血栓によるトラブルの頻度も他の閉鎖栓に比べて低いことが確認されている¹³⁾。留置後に周辺構造に圧迫や閉塞などの悪影響を生じて留置が不適切と判断したケースや、留置不成功の場合に再収納して治療を中止できるため、安全性の面からも優れている。これらの特徴は留置術の普及に大きく貢献した。

ASO による治療は全身麻酔下に TEE ナビゲーションの下に実施する。最初に TEE 所見の再検討を行い、ASD の形態からみた ASO 治療の適応を再確認する。通常の圧測定・オキシメトリーを行った後に右上肺静脈造影を実施する (Fig. 4)。次に左肺静脈に留置したガイドワイヤーに沿ってサイジングバルーンを欠損孔に置く。TEE で短絡のカラーフローを見ながらゆっくりバルーンを拡張し、短絡が止まった時点で欠損縁に接する位置のバルーンの両端の距離を測りバルーン閉塞径とする (Fig. 5, 6)。この際、TEE にてバルーンカテーテルのシャフトのエコーを描出して常にバルーンの中央を切る断面で計測すること、後方の薄い rim はバルーンの拡張とともに背側に倒れこむことが多いので、欠損縁をしっかりと目視追跡すること等に注意する (Fig. 7)。適正サイズの閉鎖栓を選択するためにはバルーンにくびれができるまで過拡張しないことが重要だが⁹⁾、

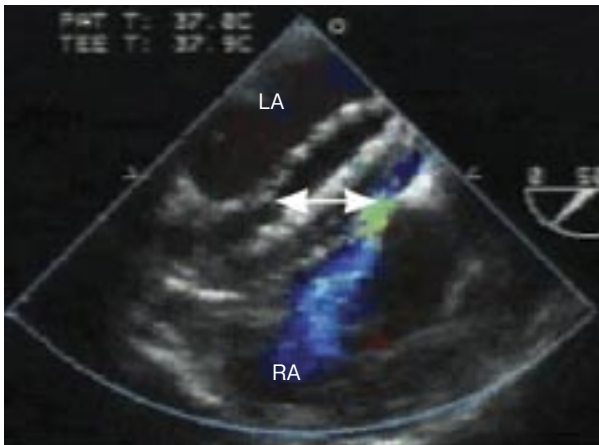


Fig. 6 Balloon sizing (TEE image).
Balloon occlusion size of ASD (arrow) is not measured as a perpendicular line to the balloon. Balloon should be inflated until elimination of the color flow.



Fig. 7 Inadequate balloon sizing (TEE image).
TEE navigation is liable to miss the postero-inferior margin of ASD and deviate from the center of the balloon. Arrow indicates accurate postero-inferior margin of ASD. Postero-inferior rim bends as the balloon is inflated. Catheter shaft echo should be on the center of balloon.

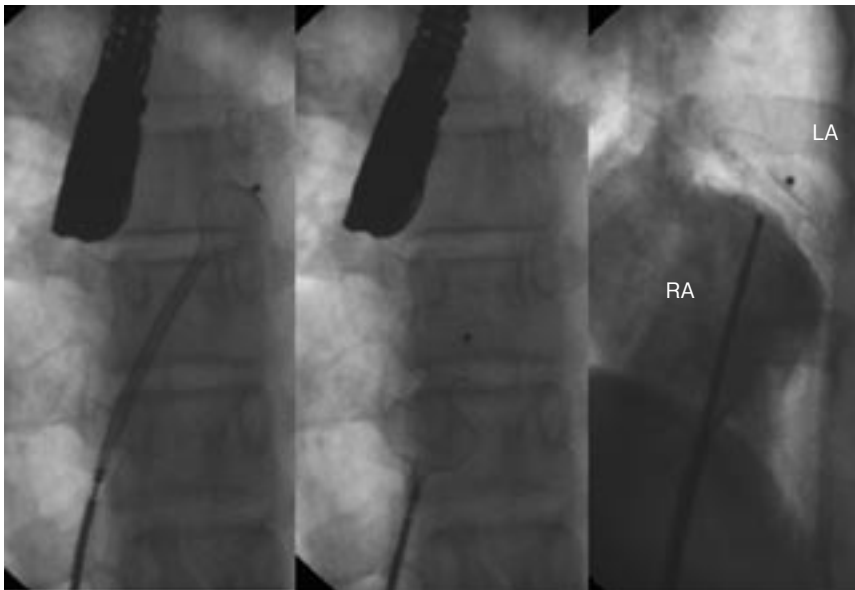


Fig. 8 Deployment of the ASD device.
A: Deployment of LA disc
B: Deployment of RA disc after drawing back to the ASD
C: RA graphy before detachment

AGA社製サイジングバルーンは24mmと34mmの2規格しかないため、小径のASDの場合は24mmバルーンを使用してもくびれを認めることが一般的である (Fig. 5)。また、大動脈側 rim が乏しい症例では短絡が消失しにくいいため、特に過拡張にならないよう注意する。われわれはこのような症例では、拡張期から収縮早期に少量の短絡を認め、他の時相では短絡がなくなる程度までバルーンを拡張して計測している。

閉鎖栓は通常バルーン閉塞径 + 0 ~ 2mm を選択するが、バルーンを用いないサイズの + 4 ~ 6mm 程度が標準的であることを念頭に、rim の性状や欠損孔の位置・形も考慮して適切なサイズを選択する。デリバリーシー

スを左肺静脈に置き閉鎖栓を進めて、左心房内で左心房側ディスクを展開し、ASD まで引き付けてから右心房側ディスクを展開する (Fig. 8)。閉鎖栓が心房中隔に正対せず、左心房側ディスクが右心房に抜け落ちる場合は、右上肺静脈開口部付近で左心房側ディスクを展開する方法 (Fig. 9) や Hausdorf-Lock atrial sheath を用いる方法、左上肺静脈内に左心房側ディスクを入れておき、心房中隔の位置で 2 枚のディスクをほぼ同時に展開する方法 (いわゆる American-football technique) (Fig. 10) などで対処可能なことが多い。ASD 径が大きいことと、大動脈側 rim 欠損に後下方 rim が少ない、ないしは薄くて支持力に乏しいことが合併し

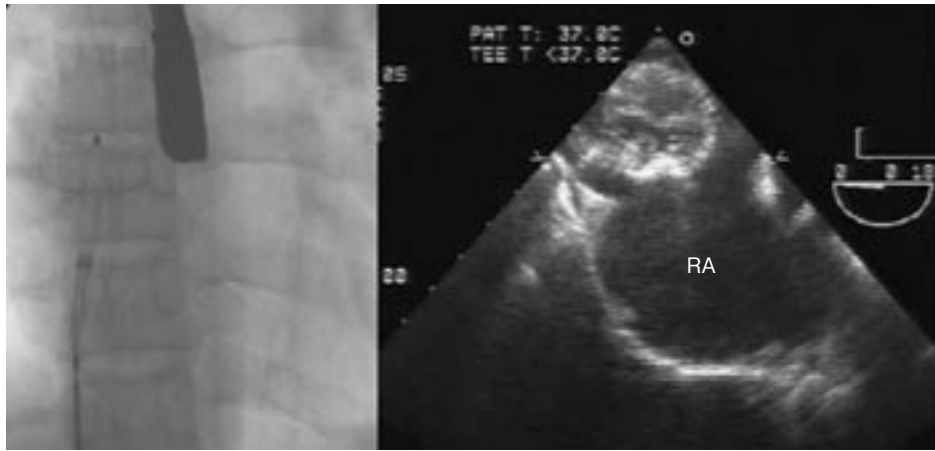


Fig. 9 Deployment from the mouth of the right upper pulmonary vein.
A: Fluoroscopic image
B: TEE image

A | B

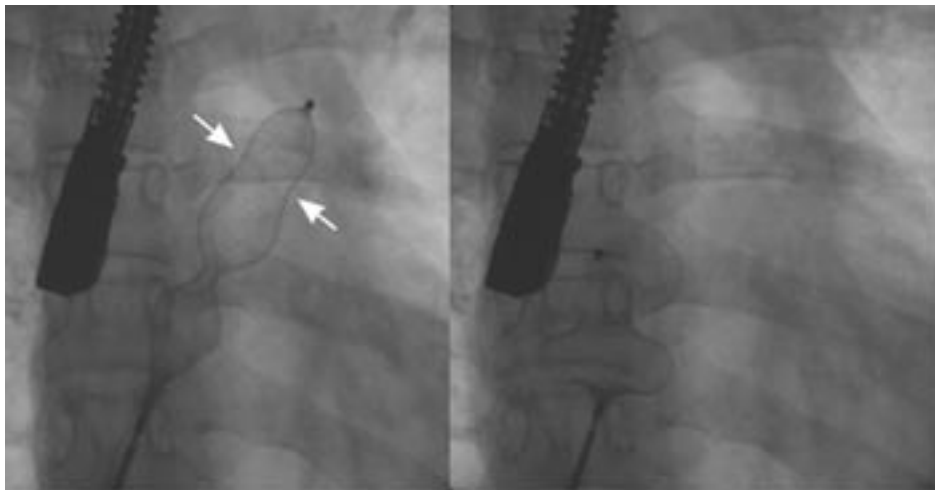


Fig. 10 Left pulmonary vein approach (so called "American-football technique")
A: Device exposure is started within the left upper pulmonary vein. Arrows indicate the orifice of left upper pulmonary vein.
B: Both RA and LA discs are led to return to their original shape nearby ASD simultaneously.

A | B

た場合に留置困難に陥るリスクが増える。このような形態的特徴をもつ ASD の割合は比較的低いと考えられる。今回の対象において留置不可能であった症例もこの特徴に該当する。本症例の経過の考察から、アンダーサイジングを避けること、早期により成功率の高い留置方法に切り替えることが、手技的成功率を向上させる対策として考えられた。留置手技中は閉鎖栓とデリバリーケーブルの接続部を常に透視で確認して、不慮の閉鎖栓離脱を予防する (Fig. 11)。

留置後は閉鎖栓が適切な形態と位置で安定しているか、特に右心房側ディスクの尾側が左心房側でないか (Fig. 12)、周辺構造に圧迫や閉塞などの悪影響を生

じていないかを TEE で丹念に観察した後に、デリバリーケーブルを回して閉鎖栓を離脱する。留置手技中には空気塞栓を合併しないよう細心の注意を払う。留置技術については数多くの報告があるが^{9, 10, 14)}、熟練した TEE 技術の下に至適閉鎖栓サイズを選択することが最重要である。初期には手技的難易度の低い症例での経験が安全であり、症例選択や離脱可能か否かの判断には、治療経験・経過観察から得るものをフィードバックする姿勢が大切である¹⁵⁾。具体的には、治療に習熟するまでは薄く多孔性、瘤状といった特異な中隔の形態や rim 欠損を伴う症例を避け、ASD 径が小さめの症例を選択することで、TEE 診断上の見落としや手

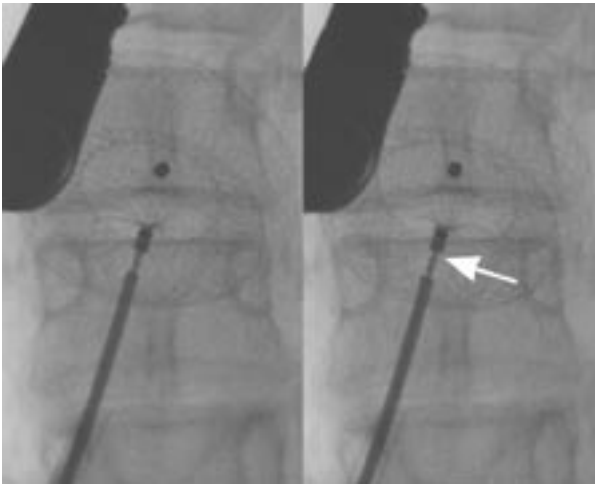


Fig. 11 Fluoroscopic images of fully screwed (left) and partially unscrewed (right: arrow) connection.

技術的未熟性を補う意図をもつことが安全だと考えられる。とりわけ治療開始から数例においては、ASD 径が 15mm 以下で使用する閉鎖栓が 20mm 以下と想定される症例選択が勧められる。ラーニングカーブにおけるリスクの増加を症例選択によって克服し、すでに成績が確立されている外科治療と比較しても遜色のない医療を提供する必要がある。

海外での多施設調査における中長期までの成績報告⁸⁾によると、留置手技の成功率は 97.9% (n = 3,580)、経胸壁心エコー図による完全閉鎖率は治療後 1 日 81.5% (n = 2,654)、治療後 1 カ月 91.6% (n = 1,534)、治療後 1 年 94.9% (n = 921) とされている。本邦での臨床試験では治療後 1 年での完全閉鎖率は 97.1% (n = 34) であった¹⁶⁾。米国の多施設における外科治療との比較試験では、遺残短絡が 2mm 以下のものを有効と定義して、治療後 1 年での有効率は ASO 98.5% (n = 331)、外科治療 100% (n = 149) であった¹⁷⁾。多施設調査では、重篤な合併症は 0.3% 以下にみられ心穿孔・タンポナーデ、脳塞栓、心内膜炎など、重篤でない合併症は 2.8% にみられ心調律異常、閉鎖栓の脱落、出血などであった⁸⁾。最近の AGA による集計では、ASO 治療に関連して発生した死亡は 20 例とされている。ASO による治療は外科治療に比べて合併症の発生頻度は低いとする報告が多い^{17, 18)}。2004 年初頭、Amin らにより閉鎖栓が心房壁を圧迫する留置形態において、心周期に応じてノコギリ様の効果が生じ、心房壁の erosion・心穿孔が起こる危険性が報告された。erosion の米国における発生率は 0.1% で閉鎖栓のオーバーサイジングが穿孔の危険性を高め、大動脈側 - 上方の rim に乏しい症例がハイリスクとされている¹⁹⁾。この危険性が広く認識されるようになり、



Fig. 12 Check prior to detachment.

It is sometimes difficult to confirm whether RA disc is fully or partially in RA, especially in patients with thin postero-inferior rim. Postero-inferior rim is often bent toward LA (arrow) by force of delivery cable before detachment.

サイジングの方法、閉鎖栓の選択、治療後の管理における適切な対応の重要性が喧伝された。ASO による治療においては、この合併症を回避するための配慮が治療成績向上のための最重要事項となっている。AGA のレポートでは、Amin らの報告以降の 2004 ~ 2005 年の 2 年間で、米国における erosion の発生頻度は 2/7,830 (0.03%) に減少している。しかし、原因が確実に突き止められ、予防方法が確立したわけではないため、患者さんには erosion の可能性と具体的な症状や受診の指針等についてよく説明することが必要である。同時に、サイジング時に過拡張しない・ASD 径の 1.5 倍を超える閉鎖栓を選択しない・治療後の心嚢液貯留は追跡する・ハイリスク症例では術後に注意深い経過観察を行う、といった実際上の留意点に配慮しつつ、検討を重ねていくことが必要と考えられる。

おわりに

Amplatzer septal occluder は高い有効性と安全性が確認された優れた ASD 閉鎖デバイスである。治療適応に解剖学的な制約があること、厳密な意味での長期予後が不明であることが外科治療と比較した場合の欠点として挙げられるが、本邦での臨床使用開始後の成績も良好であり、健康保険適用後は経済的負担も手術とほぼ同等になった。したがって ASD の患者さんは、自身の信念に基づいて手術か Amplatzer かを自由に選択できる時代に突入した。当院で TEE にて ASO 治療適応の判定を行った 240 例のうち、治療試行可能と判断された症例は 211 例 (88%) であった。スクリーニン

グの前段階である経胸壁心エコー図のみで、1～2割の症例が適応外と判定されるとしても、全ASD症例の7割程度がASO治療の対象になると想定される。認定施設も増え、ASO治療は数年のうちに加速度的に普及すると予想される。ASOの治療手技自体はステントやコイル等の留置手技と比較しても、特別に複雑であったり、傑出した技術が必要というわけではない。しかし、適応判定や術中のナビゲーションにおけるTEEの役割の重要性や、幅広い治療対象年齢層など、これまで小児循環器科領域で行われてきたカテーテルインターベンションとは明らかに異質な点もある。治療の安全性を担保するためのシステムとして施設基準と教育プログラムの確実な運用が不可欠であると同時に、ラーニングカーブを自覚しつつ、段階的に手技の難易度の高い症例を選択する姿勢が必要である。

本論文の要旨は第42回日本小児循環器学会学術集会(名古屋)において発表した。

【参考文献】

- 1) King TD, Thompson SL, Steiner C, et al: Secundum atrial septal defect. Nonoperative closure during cardiac catheterization. *JAMA* 1976; **235**: 2506-2509
- 2) Latson LA, Benson LN, Hellenbrand WE, et al: Transcatheter closure of ASD—early results of multicenter trial of the Bard clamshell septal occluder. *Circulation* 1991; **84** (Suppl): II 554
- 3) Rao PS, Sideris EB, Hausdorf G, et al: International experience with secundum atrial septal defect occlusion by the buttoned device. *Am Heart J* 1994; **128**: 1022-1035
- 4) Hausdorf G, Schneider M, Franzbach B, et al: Transcatheter closure of secundum atrial septal defects with the atrial septal defect occlusion system (ASDOS): Initial experience in children. *Heart* 1996; **75**: 83-88
- 5) Kaulitz R, Paul T, Hausdorf G: Extending the limits of transcatheter closure of atrial septal defects with the double umbrella device (CardioSEAL). *Heart* 1998; **80**: 54-59
- 6) Das GS, Shrivastava S, O'Laughlin MP, et al: Intermediate term follow-up of patients after percutaneous closure of atrial septal defects with DAS Angel Wings device. *Circulation* 1996; **95** (Suppl): I 56
- 7) Masura J, Gavora P, Hijazi ZM, et al: Transcatheter closure of secundum atrial septal defects using the new self-centering Amplatzer septal occluder. Initial human experience. *Catheter Cardiovasc Diagn* 1997; **42**: 388-393
- 8) Omeish A, Hijazi ZM: Transcatheter closure of atrial septal defects in children & adults using the Amplatzer septal occluder. *J Interv Cardiol* 2001; **14**: 37-44
- 9) Carlson KM, Justino H, Mullins CE, et al: Transcatheter atrial septal defect closure: Modified balloon sizing technique to avoid overstretching the defect and oversizing the Amplatzer septal occluder. *Catheter Cardiovasc Interv* 2005; **66**: 390-396
- 10) Harper RW, Mottram PM, McGaw DJ: Closure of secundum atrial septal defects with the Amplatzer septal occluder device: Techniques and problems. *Catheter Cardiovasc Interv* 2002; **57**: 508-524
- 11) Schubert S, Peters B, Ewert P, et al: Left ventricular conditioning in the elderly patient to prevent congestive heart failure after transcatheter closure of atrial septal defect. *Catheter Cardiovasc Interv* 2005; **64**: 333-337
- 12) Zahn E, Wilson N, Laston L, et al: Development and testing of the Helex septal occluder, a new expanded polytetrafluoroethylene atrial septal defect occlusion system. *Circulation* 2001; **104**: 711-716
- 13) Krumdorf U, Ostermayer S, Billinger K, et al: Incidence and clinical course of thrombus formation on atrial septal defect and patent foramen ovale closure device in 1,000 consecutive patients. *J Am Coll Cardiol* 2004; **43**: 302-309
- 14) Varma C, Benson LN, Silversides C, et al: Outcomes and alternative techniques for device closure of the large secundum atrial septal defect. *Catheter Cardiovasc Interv* 2004; **61**: 131-139
- 15) 矢崎 諭, 北野正尚, 新居正基, ほか: AMPLATZER septal occluder を用いた ASD 閉鎖術—留置手技に関する考察—. *日小循誌* 2006; **22**: 234
- 16) Oho S, Ishizawa A, Akagi T, et al: Transcatheter closure of atrial septal defects with the Amplatzer septal occluder—A Japanese clinical trial—. *Circulation J* 2002; **66**: 791-794
- 17) Du ZD, Hijazi ZM, Kleinman CS, et al: Comparison between transcatheter and surgical closure of secundum atrial septal defect in children and adults: Results of a multicenter nonrandomized trial. *J Am Coll Cardiol* 2002; **39**: 1836-1844
- 18) Butera G, Carminati M, Chessa M, et al: Percutaneous versus surgical closure of secundum atrial septal defect: Comparison of early results and complications. *Am Heart J* 2006; **151**: 228-234
- 19) Amin Z, Hijazi ZM, Bass JL, et al: Erosion of Amplatzer septal occluder device after closure of secundum atrial septal defects: Review of registry of complications and recommendations to minimize future risk. *Catheter Cardiovasc Interv* 2004; **63**: 496-502