

TAVI | テクニカル ハンドブック

多田憲生

仙台厚生病院循環器内科

序 文

2015年7月、私はアメリカ留学時代のメンターである Dr. Saibal Kar に再会した。日本ではまだ SAPIEN XT と Classic CoreVALVE で TAVI を行っていた頃で、弁輪破裂や左室穿孔など重症合併症の危険性と常に隣り合わせだった時期だが、欧米ではすでに次世代の SAPIEN3 が使われていた。

Saibal に SAPIEN3 の感想を聞くと、“S3 is angioplasty” と言った。直訳すると“SAPIEN3 は血管形成術だ”になるが、この場合はそうではない。彼は、“SAPIEN3 は PCI のように簡単だ”と言ったのだ。

その時、私の前に TAVI の近未来的ビジョンがみえた。目指すべきは“標準化”なのだ。

実際に SAPIEN3 や Evolut を使うようになると、確かにイージーに使い、合併症も少なくなり、複雑症例に対しても良い成績を出せるようになった。はじめは私だけが第一術者をしていた当院も今では術者は8人までに増え、TAVI は一定のレベルの術者であれば誰でも行うことができる治療になった。

しかし、地域ごと病院ごとで見たらまだ弁そのものへのカテーテル操作に自信がない術者や症例選択、戦術の構築に慣れていない施設、確率の少ない合併症に怯えている施設が未だ存在する。

私の目指すところは TAVI の標準化である。どの施設でもどの術者でも安全に良い大動脈弁を作ることである。そのため今回、インターベンショニストとしてテクニカルな部分にこだわった技術書を執筆した。これまで TAVI の技術に関する話は、我々が TAVI を始めた時に海外の術者から教わったことや、企業のマニュアルに書いてあることくらいであった。しかし、この本では、私のインターベンショニストとしての感覚、理論に基づいて多くの症例における成功と失敗から築いてきた技術論を展開している。

TAVI の適応や術後の抗血栓療法などの学術的内容については、本書では触れていない。あくまで、TAVI 手技に関する内容にこだわっている。また、私は循環器内科カテーテル専門医なので、外科的部分である経心尖アプローチや、直接大動脈アプローチについては割愛させていただいた。

第6章では、TAVI 後コロナリーアクセスについても概説している。この章においては、心臓カテーテル医であれば誰でも必要な知識であるので、TAVI はしないが PCI はする、という人にも読んでもらいたい。

これから TAVI を始める方、TAVI ってどんな世界だろうと思っている方、また TAVI をすでに行っているけどまだ迷いのある方、特殊な症例に遭遇し対応に困っている方など多くの TAVI 関係者に読んでもらいたい。

2023年10月

多田 憲生

術前評価

1 アクセス評価①：総腸骨動脈から大腿動脈

要点

- ✓ 術前評価は経大腿動脈アプローチ（transfemoral approach：TF）が可能かどうかから始まる
- ✓ 推奨血管径を満たしていなくても柔らかい病変は大抵通過可能
- ✓ 全周性の石灰化が連続している腸骨動脈は避けた方がよい

さあ TAVI（transcatheter aortic valve implantation，経カテーテル大動脈弁留置術）するぞ、となって CT を撮影したら、まずは経大腿動脈アプローチ（transfemoral approach：TF）が可能かどうかを評価しましょう。TF に勝るアプローチはありません。しかし適さない症例に TF を強行したら合併症の返り討ちに遭います。そのような症例は alternative approach にまわさないといけません。その境界線をしっかりと見定めることがとても大切です。

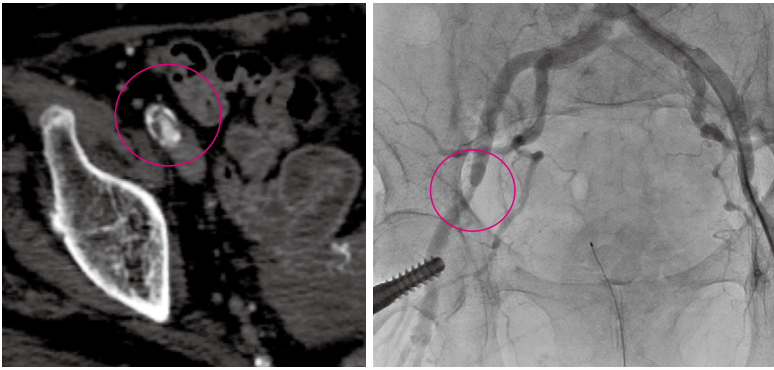
まず、総腸骨動脈から大腿動脈まで大口径シースが入るために必要な最小血管径を満たしているかを確認しましょう。TAVI 弁とそのサイズによってシースサイズは決まり、最小血管径が規定されます

1-1-1 .

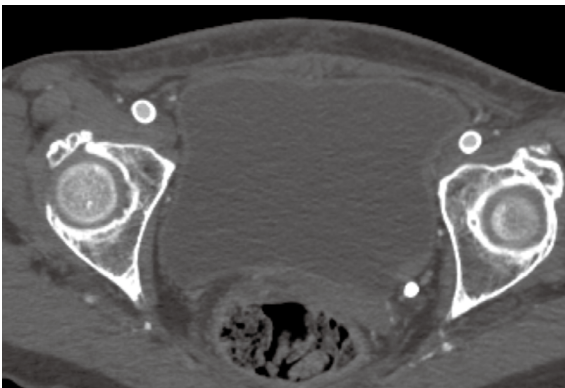
最小血管径に満たない場合は、その部位の性状をみましょう。狭窄病変ではなく血管性状は良好で、ただ血管径が足りないような時があります。一般的に総腸骨動脈から大腿動脈の間では、外腸骨動脈が

1-1-1 TAVI 弁に該当するシースサイズ、最小血管径

SAPIENS3	20 mm	23 mm	26 mm	29 mm
E シースサイズ	14 Fr	14 Fr	14 Fr	16 Fr
最小血管径	5.5 mm	5.5 mm	5.5 mm	6.0 mm
Evolut	23 mm	26 mm	29 mm	34 mm
インラインシースサイズ	14 Fr	14 Fr	14 Fr	18 Fr
最小血管径	5.0 mm	5.0 mm	5.0 mm	6.0 mm
アウターシースサイズ	18 Fr	18 Fr	18 Fr	22 Fr
最小血管径	6.0 mm	6.0 mm	6.0 mm	7.3 mm
Navitor	23 mm	25 mm	27 mm	29 mm
インテグレートシースサイズ	14 Fr	14 Fr	15 Fr	15 Fr
最小血管径	5.0 mm	5.0 mm	5.5 mm	5.5 mm
アウターシースサイズ	18 Fr	18 Fr	20 Fr	20 Fr
最小血管径	6.0 mm	6.0 mm	7.0 mm	7.0 mm



1-1-2 柔らかい病変による狭窄は大口径シース通過可能



1-1-3 全周性石灰化病変を有する総大腿動脈
左右ともに連続病変であり大口径シース挿入は困難.

最も血管径が小さいです。このような場合、最小血管径より 1 mm くらい小さくても実際にシースは入っていくことが多いです。

狭窄病変の場合はその性状をみましょう。プラークや血栓性、線維性など、要するに CT 値が低い場合も病変は柔らかいのでシースはおそらく入ると考えられます **1-1-2**。

石灰化病変の時は、石灰化が偏心性なのか全周性なのか、フォーカルに 1 カ所だけ石灰化があるのか連続してあるのかを評価しましょう。偏心性の場合、シースを入れることはやさしく、抵抗があってもバルーン拡張によって進められることが多いです。しかし、全周性の場合、さらに連続している石灰化は通過困難です。バルーン拡張しても拡がらないことが多く、強く拡げると穿孔するリスクがあります **1-1-3**。そこからのアプローチは諦めた方がよいでしょう。全周性の石灰化がフォーカルにある場合は、慎重にバルーン拡張することを想定して TF をトライしてもよいかと思います。腸骨大腿動脈狭窄病変への対応法は **7 章-1** で述べます。

蛇行に関しては、血管性状と併せての評価になります。石灰化の乏しい蛇行は stiffwire によって直線化され大口径シースの挿入は可能ですが **1-1-4**，石灰化が強かつ蛇行している場合は、stiffwire を挿入しても直線化されず難渋することが予想されます。

基本手技

1 大腿動脈穿刺からクロージャーデバイス

要点 ✓ クロージャーデバイスのフットを血管前壁に当てる

クロージャーデバイス（パークローズ ProGlide）は、低侵襲かつ短時間に大口径シース挿入部の止血処置が行えるため、是非習得してください。

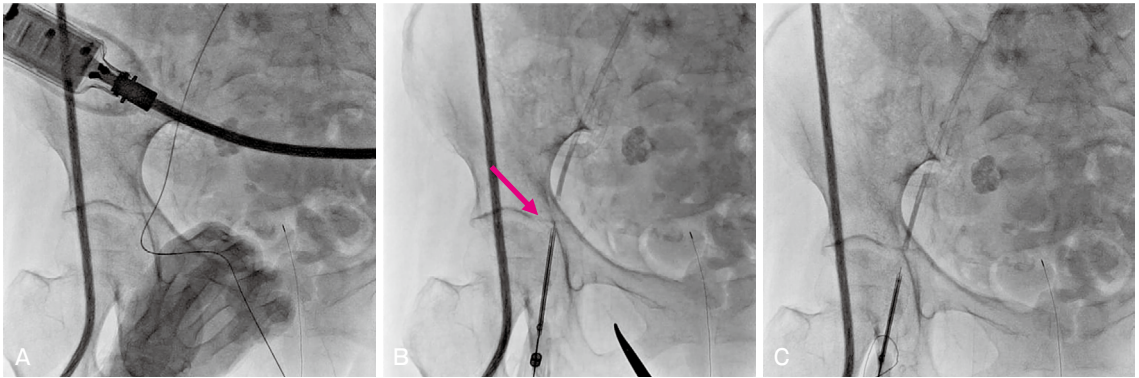
穿刺点を決定したら、X線透視をみてCTで決めた穿刺点と照らし合わせ、エコーガイド下で穿刺します **2-1-1A**。ワイヤーが入ったら、刺入点がわかるようにX線透視記録をしてください **2-1-2A**。これは、後々クロージャーデバイスで糸をかける時や、バルーン、ステントの処理が必要になった時に穿刺点がX線透視上で確認できるので役に立ちます。次に8Fr程度のシースで一度血管を上げた後に、パークローズ ProGlide を挿入します。ガイドワイヤーポートが穿刺点の手前にきたら、ワイヤーを抜去して、パークローズ ProGlide をさらに進めましょう。プロキシマルマーカータッチから動脈性の血流が出たら、1番のレバーを倒すとフットが展開されます。フットが展開されたら、フットが血管前壁に当たるところまでデバイスを引いてください。ここで、“血管後壁を引っかけずに血管前壁だけフットが接触している”ことを複数の方法で確認しましょう。これが、パークローズ ProGlide の中で、最重要ポイントです。

Tips 血管後壁を引っかけずに血管前壁だけフットが接触していることを確認する方法

- パークローズ ProGlide を引いて止まる感触：ヌルッと止まる感じはどこか引っかかっていることが多い。カッと止まる感触が正しい。
- 透視上で、ワイヤーの刺入点とフットが一致している **2-1-2**。
- エコーでフットが血管前面にかかっていることを確認する **2-1-1B** **2-1-4**。

是非エコーでクロージャーデバイスの“フット”を確認する手技を習得してください **2-1-4**。穿刺点の血管前面にフットがかかっていること、後面を引っかけていないことをエコーで視覚的に確認することができるので、不成功率を下げることができます¹⁾。

血管前面にフットがかかっていることを確認したら、2番のブランジャーを打ちこみます。この時、**2-1-1C** のように左手でデバイスを引きながら、ブランジャーを打ち込んでください。この所作がな

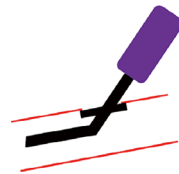
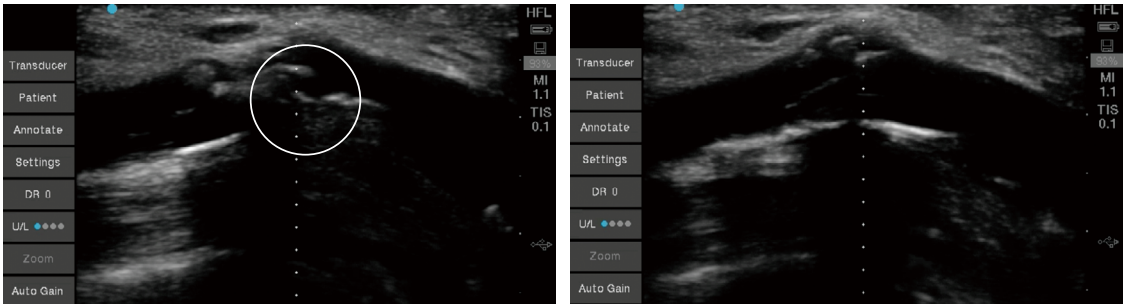


2-1-2

- A) ワイヤを大腿動脈に挿入した時点で透視記録を行う。
- B) パークローズ ProGlide を穿刺点と考える場所で透視記録を行ったところ、ワイヤで確認した穿刺点よりもフットの位置が少し近位部だった。
- C) 再度パークローズ ProGlide をセットし直し、ワイヤとフットが一致する部位にセットすることを確認した。



2-1-3 パークローズ ProGlide の各部名称



A) フットが血管後壁を引っかけている

B) フットが後壁にかららずに、前壁に当たっている

2-1-4 エコーガイドでクロージャーデバイスの“フット”を確認

血管内エコーで大腿動脈長軸下でクロージャーデバイスを描出する。フットが A から B へと引けて大腿動脈前壁に接触し、かつ後壁を引っかけていないことが確認できる。

Evolut

1 Evolut の構造

要点

- ✓ 自己拡張の特性を理解する
- ✓ プラットフォームの形を理解する
- ✓ スープラアニューラー

Evolut 弁を使いこなすために、その特性を理解しましょう。

まずは、プラットフォームです。自己拡張によって広がる弁ですね。ですので、バルーン拡張型と異なり組織損傷するようないリスクがないのが自己拡張の最も大きなメリットです。

また、セルが密ですね。密なセルは硬い大動脈弁を拡げる上で、柔軟な拡張を得るために重要な役割を担っています。セルが密なおかげで歪な形態になりにくく、組織への追従性が良いのを実感します。

しかし、自己拡張という能力をよく理解することが大事です。通常の硬い狭窄大動脈弁は十分に拡張しますが、SAPIEN3 のように 6 気圧、時には 8 気圧で拡張している力とは本質から異なります。“硬すぎる”ような弁の場合には自分の自己拡張能が負けてしまうこともあります。

また、オーバーサイズ率も拡張の強さに関係してきます。拡がりきる手前の状態では自己拡張の力は発揮しますが、拡がりきった Evolut がさらに広がる自己拡張力はありません。スペック以上に拡げるつもりで後拡張しても戻ってしまうことを覚えておきましょう。

プラットフォームのサイズは覚えなくてもよいですが、メモとして常にみられる状態にしておくといでしょう **4-1-1**。

上からみていくとラップの部分は、アウトフロークラウンと呼ばれます。上行大動脈との接地点です。このサイズが上行大動脈径より大きければ上行大動脈に接して留置されますが、小さければ浮いた状態での留置になります。弁輪と上行大動脈の 2 点で固定するのが Evolut の考え方であり、第一世代の classic CoreValve では、ここが接地する症例選択が求められました。今では浮かせて留置することは問題なしとされています。しかし、①pop up しやすいという問題があります。一方で、②コロナリーアクセスにおいては Evolut の外からのアプローチが可能である、といえます。

次はウェストです。ちょうど STJ にかかる部分になるでしょう。私は、ウェストと STJ に隙間ができる症例選択が Evolut には必要だと考えています (7 章-10, 7 章-12)。

次は、左室側のエッジ形状についてです。第一世代の classic CoreValve のエッジ形状は末広がりだったのに対し、Evolut 26 mm と 29 mm の LVOT 側のエッジは寸胴型になっています **4-1-2**。末広りの classic CoreValve はねこじらしのように左室側にずると落ちて留置深度のコント

トラブルシューティング

1 腸骨大腿動脈狭窄

要点

- ✓ Landerquistのような硬いワイヤーとバルーン拡張で大口径シースを匍匐前進させる
- ✓ 対側アプローチから診断カテーテルをバルーン脇に置くカッピングバルーン効果は有効

経大腿動脈アプローチを諦めるような症例は他の血管も不良であることが多く、さらに患者背景自体も悪いことが多いです。経大腿動脈アプローチで押しきるか alternative approach を選択するかの線引きは本当に難しいです。

腸骨大腿動脈が推奨血管径より少し足りなくても血管性状が悪くなければ経大腿動脈アプローチで押しきるのがよいでしょう。大口径シースが進まなければバルーン拡張をしながら進んでいきます。

まずは、大口径シースが進められるところまで進めましょう **7-1-1**。ここからバルーン拡張に移りますが、その前に stiffwire は1段階硬い Landerquist などこの時点で変えましょう。バルーンは Mustang という末梢血管用バルーンをよく用います。6 Fr シース 0.035 インチワイヤー対応のハイプレッシャーバルーンです。バルーン径は狭窄部の最大血管径、およそ 8 mm くらいがよいでしょう。6 mm ほどだといくら広げても 14 Fr シースを通すには足りません。バルーン拡張をしてバルーンのクビレがなくなるほどまで広げることができたらバルーンを回収し、内筒を挿入してシースを進めましょう。狭窄病変を通過しなければ再度バルーンをします。匍匐前進です。

7-1-1B や **7-1-1C** のように全周性に石灰化がみられる時はバルーンでも拡がらないことがあります。その時は **7-1-1H** のように対側アクセスから JR などの 5 Fr カテーテル狭窄病変近くまで進めます。ワイヤーだけでも構いません。カテーテルかワイヤーを脇に置いてバルーン拡張をしましょう。カッピングバルーンのような focused force angioplasty の効果があります。穿孔のリスクもありますので、慎重に拡張気圧を上げていきましょう。我々はよく行っている方法ですが、穿孔したことはありません。focused force angioplasty でバルーンのクビレを解くほどまで広げることができたら、おそらく大口径シースは通過していくと思います。

E シースはシース自体が拡がるという特別な性質がありますが、SAPIEN3 をシースから出した後、シース内に回収できない可能性があるなど知っておくべき特性があります。

他にも **7-1-2** のように狭窄病変を押し進めていると突然ある一点で突っかかるように進めなくなることがあります。このような時は E シースを体外に出して一度観察しましょう。“ささくれ”ができています。