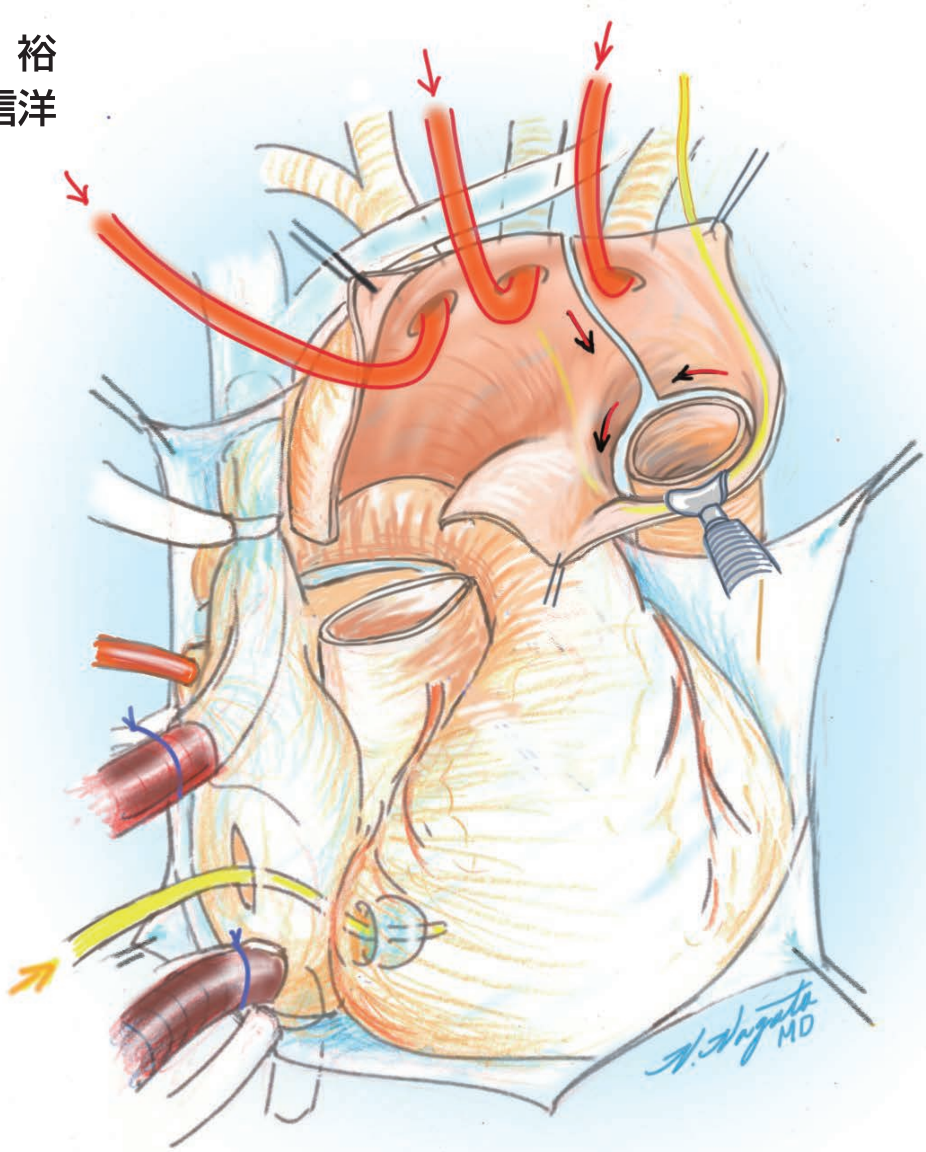
手術画と
動画で
伝える

心臓血管外科手術
エクセレンス
4

大動脈疾患の手術

専門編集◉大北　裕
手 術 画◉長田　信洋

編集委員◉大北　裕
坂本喜三郎
高梨秀一郎
坂東　興
夜久　均



Excellence in Cardioaortic Surgery

中山書店

序

《心臓血管外科手術エクセレンス》シリーズ『大動脈疾患の手術』をお届けする．本シリーズは5巻構成で，初回の『弁膜症の手術』,『冠動脈疾患の手術』に続く本書の刊行である．目次を一瞥すると，読者は即刻，認識されると思うが，本書は，とおり一遍の包括的な教科書ではない．本書は胸部大動脈疾患の外科診療の前線で格闘する第一級の外科医達が，臨床上の疑問・問題点を列挙し，それらに対する解決法の奥義，秘技を惜しげもなく陳列した特級の手術書である．TEVAR全盛とも思える胸部大動脈領域の治療戦線であるが，open surgeryこそ胸部大動脈治療の王道である．本書には現在の胸部大動脈疾患治療のcutting edgeを織り込んだ．読者には，日夜，手術室での難題に対峙している外科医の呻吟，嘆息を聞き，創意工夫，博覧強記を学んで，疾風怒濤の修羅場を感じていただきたい．

本シリーズで特筆すべきは，小児心臓外科医である沖縄県立南部医療センター・こども医療センター心・血管グループ顧問の長田信洋画伯の手になる手術画が，外科医の描写力，想像力を以ってして，手術写真，ビデオ以上に，vividに外科の真実を捉えていることである．通常のイラストレーターの平板な写実画に比して画伯の手術画が，なんとも奥深い洞察力に満ち溢れているか，読者は堪能されることであろう．

また，イメージ画像も豊富に盛り込まれ，実際の手術映像もオンラインで閲覧可能となっている．是非とも長田画を横に，国手達の練達の技を楽しんでいただきたい．Web上や各学会のHPでも手術映像を閲覧できるが，本書のような解説画文付きの刊行物は稀少である．読者は誌上の外科医達があたかも傍に寄り添って丁寧に手技を解説してくれるような錯覚を覚えるであろう．

本邦の胸部大動脈外科手術数は2018年度で年間20,000例を超え，その成績も世界第一級を達成している．しかしながら，胸部大動脈手術の早期死亡率，合併症発生率は，本邦といえども，冠動脈や弁膜症などの心臓手術のそれらに比していまだ高率であり，大動脈外科医のより一層の奮闘が望まれる．本書が胸部大動脈の手術成績向上に資することを期待して止まない．

2020年12月

専門編集　大北　裕
高槻病院心臓・大血管センター
神戸大学名誉教授

CONTENTS

大動脈疾患の手術

大動脈基部 Remodeling 法の弁輪固定 Movie …………………… 國原 孝 2

大動脈基部再手術 Movie …………………………………………… 大北 裕 10

自己弁温存大動脈基部置換術におけるコツと落とし穴：
Reimplantation 法 Movie ………………………………………… 大北 裕 17

大動脈基部置換術におけるコツと落とし穴：
Remodeling 法 Movie ……………………………… 清水 篤，高梨秀一郎 37

Bentall 手術のコツと落とし穴 Movie …………………………… 松居喜郎 49

急性大動脈解離に合併した頸動脈灌流異常に対する
頸動脈早期直接灌流法 Movie ………………………………… 大北 裕 58

急性 A 型大動脈解離に合併した冠動脈虚血に対する
治療 Movie ……………………………………………………… 内田敬二 66

急性 A 型大動脈解離における送血法 Movie ……………………… 湊谷謙司 73

急性 A 型大動脈解離に合併した腸管灌流異常に対する
開腹手術 Movie ………………………………………………… 内田敬二 78

急性 A 型大動脈解離における全弓部置換術 Movie …………… 荻野 均 84

急性 A 型大動脈解離における末梢側の再手術：
一期的手術 Movie ……………………………………………… 岡田健次 91

弓部大動脈置換術：超低体温下循環停止法および
逆行性脳灌流法併用の有用性 Movie ………………………… 青見茂之 99

弓部大動脈置換術：SCP の温度設定…………………… 伊勢隼人，紙谷寛之 107

弓部大動脈置換術：末梢側の吻合，止血 Movie ……………… 福井寿啓 113

Frailty 評価による弓部大動脈手術：
Open surgery or Debranch TEVAR ……………… 伊藤 努，志水秀行 118

80 歳代の大動脈手術：弓部大動脈瘤に対する左鎖骨下動脈
バルーン閉鎖併用 Debranching TEVAR Movie …… 清家愛幹，松田 均 128

弓部大動脈置換術：広範囲置換術の戦略 Movie ……… 髙橋悟朗，齋木佳克 133

急性 B 型大動脈解離に対する TEVAR Movie ………………… 倉谷 徹 144

慢性 B 型大動脈解離に対する TEVAR Movie ………………… 宮本伸二 152

胸腹部大動脈瘤手術 Movie ……………………………………… 湊谷謙司 158

胸腹部大動脈瘤手術時の脊髄保護 Movie ……………… 齋木佳克，長沼政亮 166

胸腹部大動脈瘤手術時の内臓保護，温度設定 Movie ………… 荻野 均 171

人工血管感染症の診断 ……………………………… 德田順之，碓氷章彦 178

大動脈感染症の外科治療 Movie ……………………………… 大北 裕 186

TEVAR 後の Open surgery Movie ……………………… 大島 晋，山本 晋 197

Shaggy aorta 症例の大動脈瘤治療 Movie …………………… 椎谷紀彦 206

Frozen elephant trunk 法 Movie ……………………………… 山中一朗 215

Kommerell 憩室の外科治療 ……………………………………田中亜紀子 223

索引 ……………………………………………………………………… 233

自己弁温存大動脈基部置換術における コツと落とし穴：Reimplantation 法

Movie

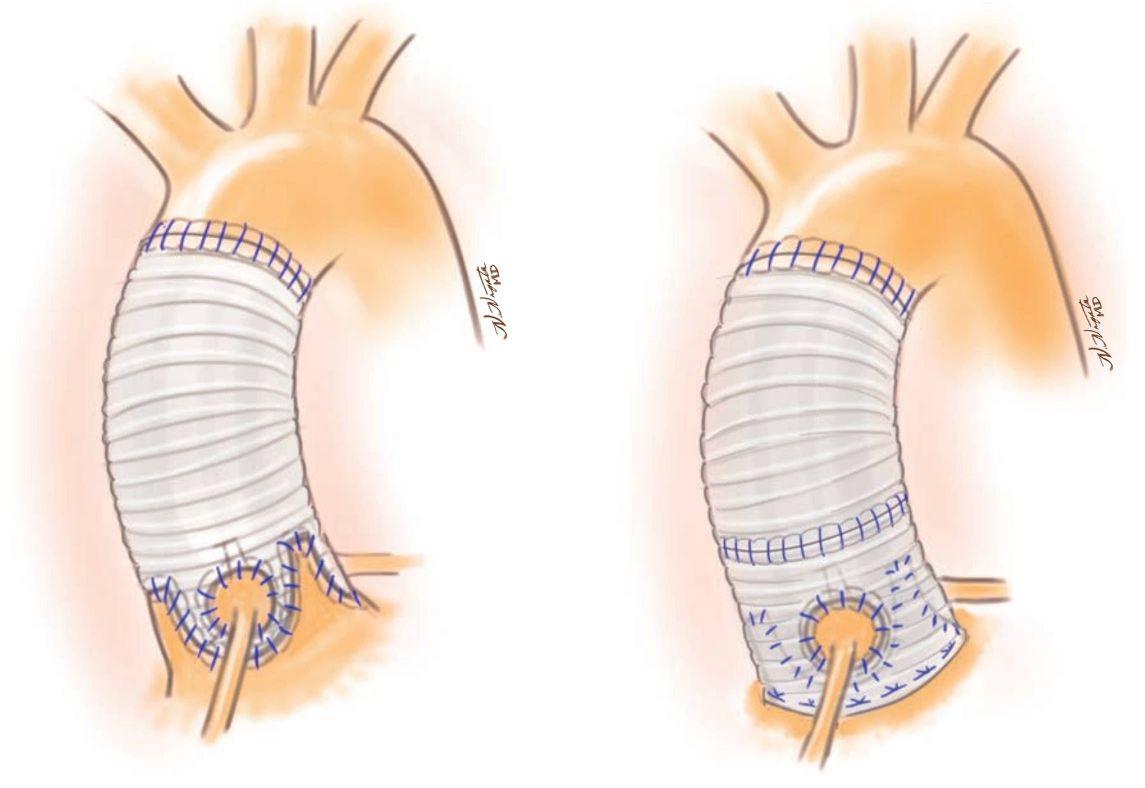
大北　裕（高槻病院心臓・大血管センター／神戸大学名誉教授）

大動脈弁輪拡張症（annuloaortic ectasia：AAE）と総称される疾患群は，大動脈基部における拡張性病変を主体とし，大動脈瘤，大動脈弁閉鎖不全など多彩な病態を呈する．1968 年 Bentall，De Bono らによる composite graft を使用した冠動脈を再建する術式の発表[1] 以来，本法が AAE に対する標準術式となった．しかしながら，人工弁置換術後にまつわる抗凝固療法や遠隔期合併症などの問題点があるため，近年 Bentall 術式から自己弁温存大動脈基部置換術へのシフトが促進されてきた．

弁尖自体が解剖学的に正常な場合，弁逆流は大動脈弁輪，Valsalva 洞，sino-tubular junction（ST junction）の拡大が原因で発生し，それぞれの病変を是正することで弁逆流が改善しうるという理論的背景から，弁尖温存を図る術式が考案され，1982 年 Yacoub らが Remodeling 法[2] を開始し，1992 年には David らが Reimplantation 法[3] を発表した（**1**）．これらの術式の特長は，①自己大動脈弁尖を温存できること，②術後抗凝固療法が不要なこと，③広い有効弁口面積を獲得できることであり，若年者，妊娠の可能性のある女性にはとくに勧められる術式である．

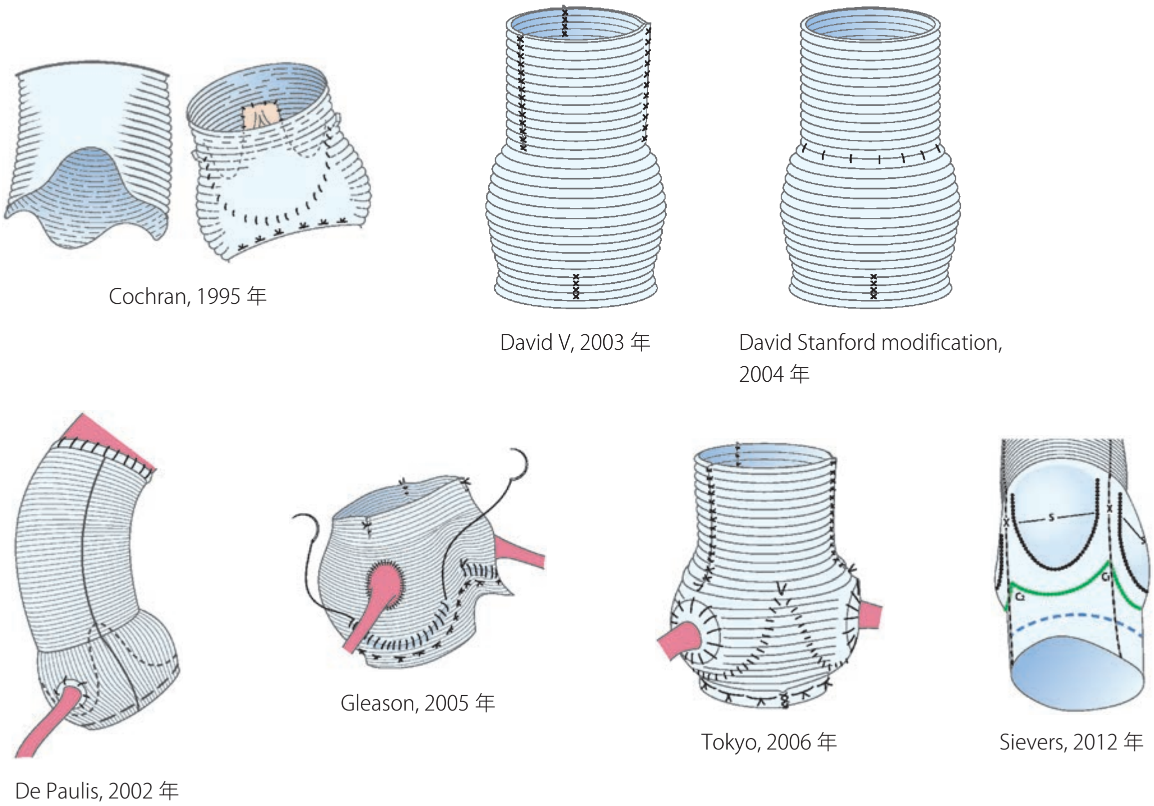
一方，大動脈弁形成術は 1960 年代からさまざまな術式が試行されてきたが，僧帽弁形成術とは違い，早期・遠隔成績とも十分に検討されてきたとは言い難い．開発された大動脈弁形成手技は現在もなお有効であり，逆にいうと，新しい形成手技は少なくとも最近 30 年は開発されていない（**2**）．大動脈弁形成術の遠隔成績が現在，評価に耐えうるようになったのは，心筋保護法の発達，大動脈基部を含めた AR の病態の理解の深まり，経食道心エコー検査（TEE）をはじめとする心エコー法の発達が大いに寄与している．

本項では Reimplantation 法による自己弁温存大動脈基部置換，および弁形成追加に対するわれわれの手術戦略を紹介する．



a. Remodeling 法（Yacoub, 1982 年）　　b. Reimplantation 法（David, 1992 年）

1 弁尖温存術式



10 Reimplantation 法における sinus 形成

ポイント

- Reimplantation 法は心虚血時間が Bentall 法, supra-coronary anastomosis 法と比較して延長することから，高齢者などリスクの高い症例は避けるべきと思われる．

術式の概要

- VAJ 拡張に対する手術手技は，David の Reimplantation 法に代表される Dacron 人工血管を用いた基部置換術である．全周性に人工血管を外挿することにより，安定した VAJ の縮縮が均等に行われる．一部の報告にあるように，縫合糸を全周に刺入しなくても VAJ の安定が得られるようであるが，小児例に限られることが多い．
- Reimplantation 法は出血の少なさにも長所がある．将来，大動脈弁輪拡張が予想される Marfan 症候群などにおいては，basal ring における弁輪縫縮術が必要で[16]，より強固に VAJ を固定できる本法が適している．生理的な大動脈基部形態という意味で，De Paulis ら[17] は Valsalva 洞付きの人工血管（17参照）を用いた Reimplantation 法を考案し，そのほか sinus を有するグラフトが多数，試みられている（10）．
- Cabrol による subcommissural plication は一見簡便にみえるが，VAJ は均等に縫縮されず，弁尖の変形も伴うことなどから，最近は選択されなくなってきた．
- Valsalva 洞の拡張に対しては，Reimplantation 法，Remodeling 法どちらの術式でも十分な対処はできる．Remodeling 法が sinus の柔軟性，弾力性を維持できるので，弁機能に有利である点は魅力的であるが[2]，遠隔期の弁尖運動についての詳細な報告，遠隔成績はいまだなされていない．
- ST junction を縫縮することによって，外側に牽引された弁尖が中央に近接し，弁逆流が消失するという考えは以前からも報告されており，目新しいものではない．

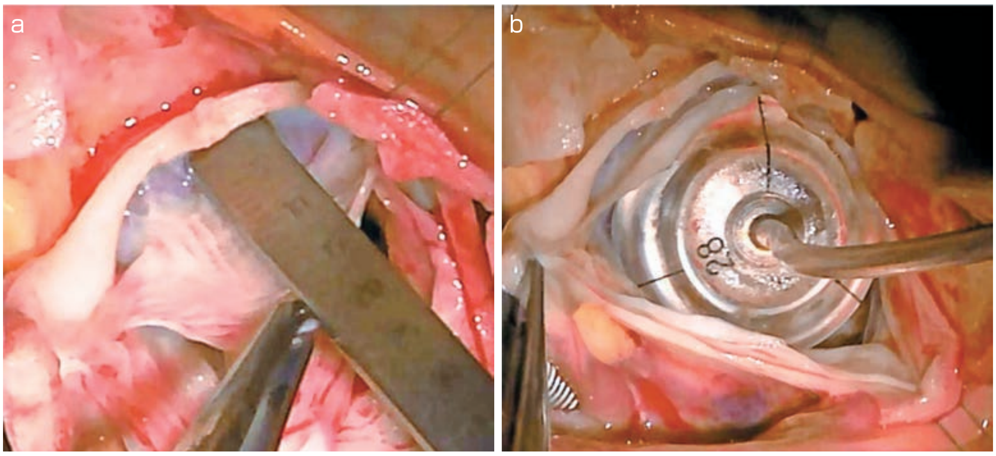
ポイント

- STJ 縫縮術は，VAJ・Valsalva 洞が拡張していない，上行大動脈瘤に伴う中心性 AR に有効で，簡便なことから心虚血時間も短時間ですみ，とくに高齢者など高リスク患者に有用である．

Reimplantation 法の実際

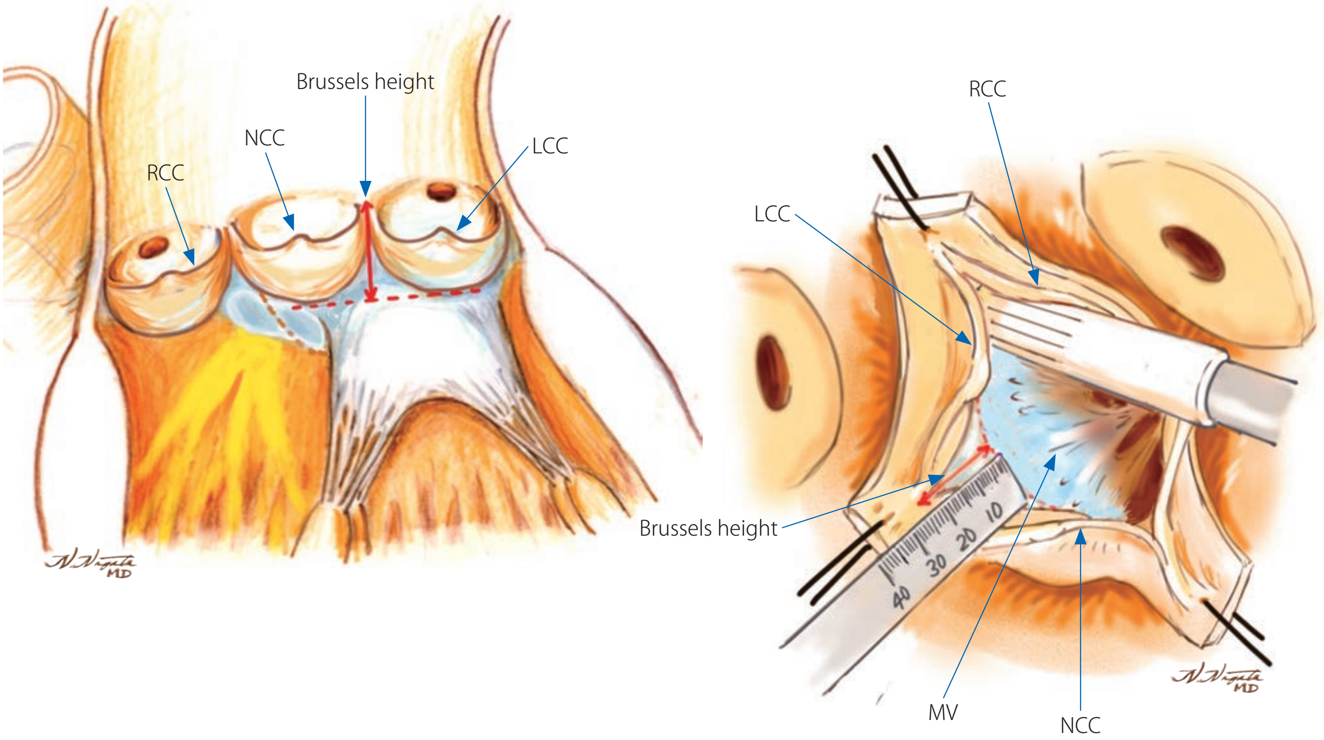
大動脈切開，弁・基部計測

- 大動脈切開は基部の変形が少ない横切開を用いる．まず，ST junction より 1～2 cm 遠位側で横切断する．次いで，交連部に 4-0 polypropylene mattress stitch をおき，牽引して各弁尖の状態を観察し，術前エコー計測と同様に弁尖，基部の測定を行う．



⓫ 弁輪径，弁腹の測定

a：geometric height（gH；弁腹）計測.
b：VAJ 径（弁輪径）計測.

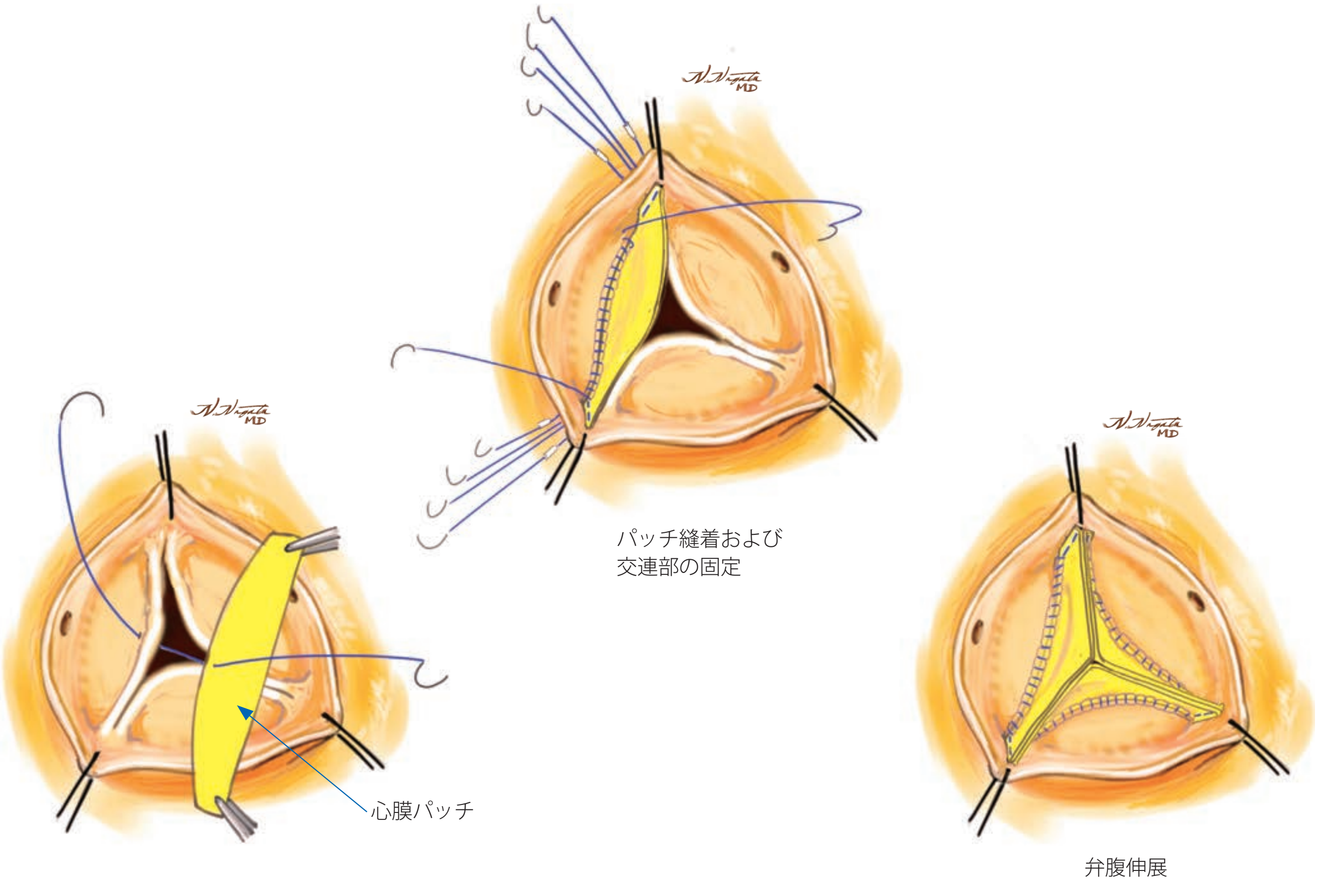


⓬ Brussels height の計測

▼ポイント

- 基部置換を行わず弁形成のみ行う場合，各交連部に 4-0 polypropylene mattress stitch をおいて視野を展開するが，この牽引方向も重要で，大動脈を通過する血流方向に直交する平面方向に牽引しなければ，弁尖の pseudo-prolapse を引き起こし，正確な修復ができない.
- 一方，二尖弁などでは弁口より VAJ が大きいことが多く，無理にサイザーを挿入すると弁尖損傷のおそれがある.

● 最も重要な測定は弁尖の gH で，弁尖の Arantius node を軽く牽引し，弁尖を伸展させて幅 5 mm の定規で測定する．VAJ 径は球形・円筒形のサイザーで測定するが，同時に各交連部の円周方向をサイザーに刻んだ 120° マーカーで測定する（⓫）．また，NCC nadir から NCC-LCC 交連部の最高部までの距離（われわれは Brussels height とよんでいる[18]）も測定する（⓬）．自己弁温存可能な最小の gH は 16〜17 mm で，グラフト 24 mm 径を使用す



13 大動脈弁形成（cusp extension）

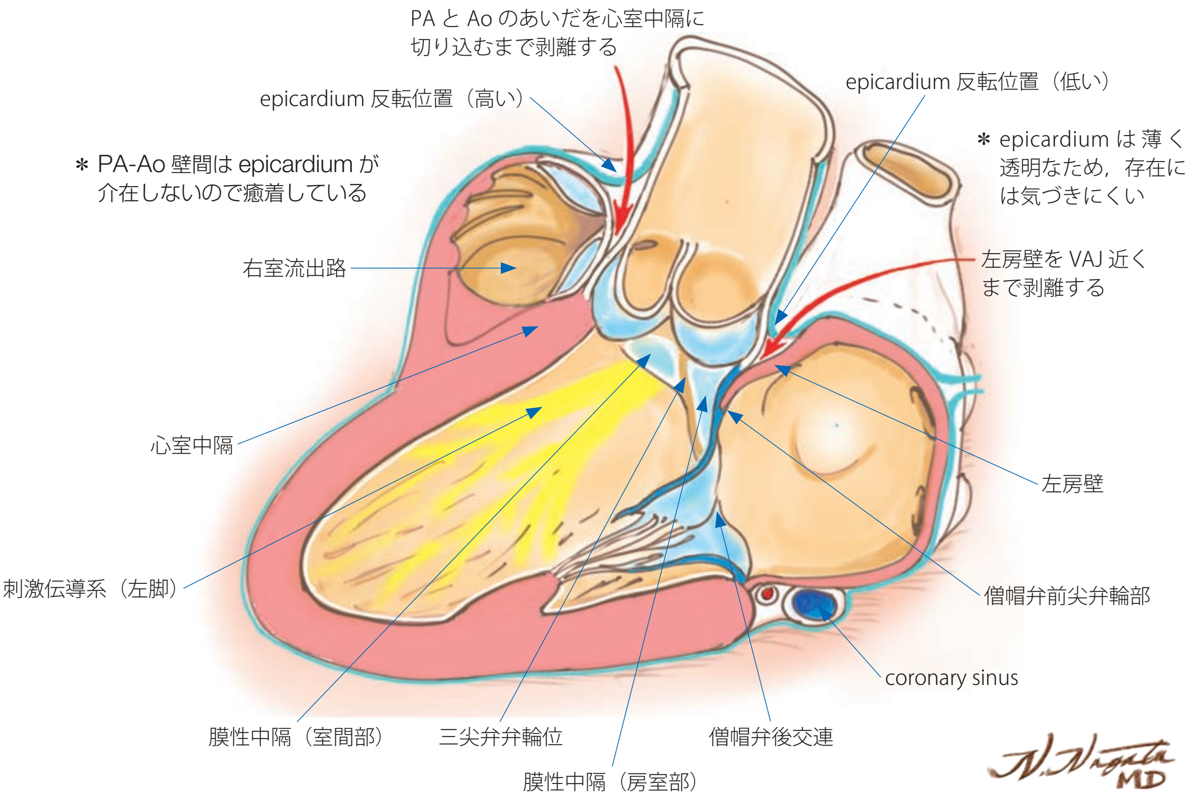
る．それ以下の gH では自己弁温存に拘泥するならば弁尖を心膜で補填しなければならない（13）．

大動脈基部の剥離

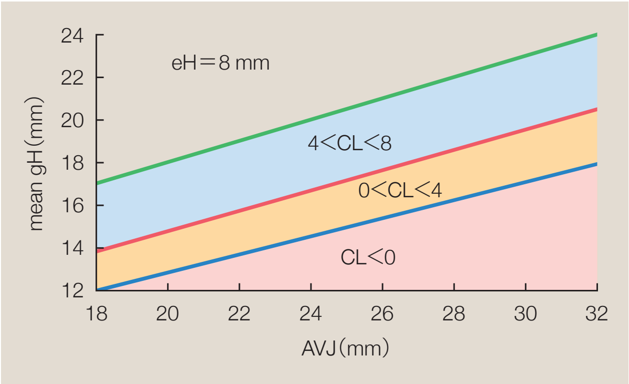
- 大動脈基部の剥離は左右冠動脈ボタンの作成から始める．左右冠動脈を大動脈壁を含む径 10〜15 mm のボタン状に切り抜く．冠動脈は開口部や分岐のバリエーションが多く，入口部が交連部より頭側に位置したり，右冠動脈と流出路円錐枝（conus branch）が別々に起始していることもある．左冠動脈は二尖弁などで交連部に近いことがある．これを同様にボタン状に切り抜き，self-inflating balloon 付き coronary perfusion catheter（Fuji 6 mm，4 mm）を左右冠動脈口に 4-0 braided polyester で固定し，上方に牽引する．
- 左冠動脈口周囲には細小な冠静脈が存在し，確実な止血を確認しながら，このレベルまで剥離する．NCC 部は左房天井まで，RCC 部は大動脈基部の右室，右房移行部まで剥離する．一方，RCC-LCC 間の交連部を中心とした弁輪 1/3 周は心室中隔上部に相当するため，積極的に剥離する．RCC-NCC 交連部近傍は，右室筋，右房筋が菲薄で損傷されやすいので，RCC nadir から強弯 20 mm 針の縫合糸が楽に出るくらい，を目安とする．また，RCC-NCC 交連部の下方は膜性中隔を形成し，左室側の筋層表面には刺激伝導系左脚が存在する（14）．

人工血管の選択

- われわれは，2005 年 5 月以降は Vasctek 社の Valsalva graft を使用している．このグラフトの特徴は，人工血管の Valsalva 洞の長軸方向の高さと AVJ 径の比が 1：1 となっていることである．AAE 病変の主座は大動脈基部の短軸方向への拡大であり，長軸方向への拡大は軽微である．すなわち，交連部の高さは正常のまま温存されていることが多いため，AVJ からの交連部頂点の高さが，至適 AVJ 径＝人工血管径という理論背景がある．また，このグラフトには short type として Valsalva sinus 高が 4 mm 低い 28 mm，30 mm サイズが用意されており，日本でまれに遭遇する gH の低い症例で使用されている．
- 人工血管サイズの決定も，交連部の高さ，gH，AVJ，STJ（および上行大動脈径）から総合的に決定する．少なくとも弁尖弁腹長（gH）×2 より 8〜10 mm 程度短いサイズのグラフト，もしくは最小の gH を有する弁尖に合わせて，David の式 2×2/3×gH＋(4〜6) mm で使用する人工血管径を決定する．



14 大動脈基部の剥離露出（基部の外科的解剖 ③）



15 Komiya formula

gH：geometric height, AVJ：aorto-ventricular junction,
CL：coaptation length, eH：effective height.

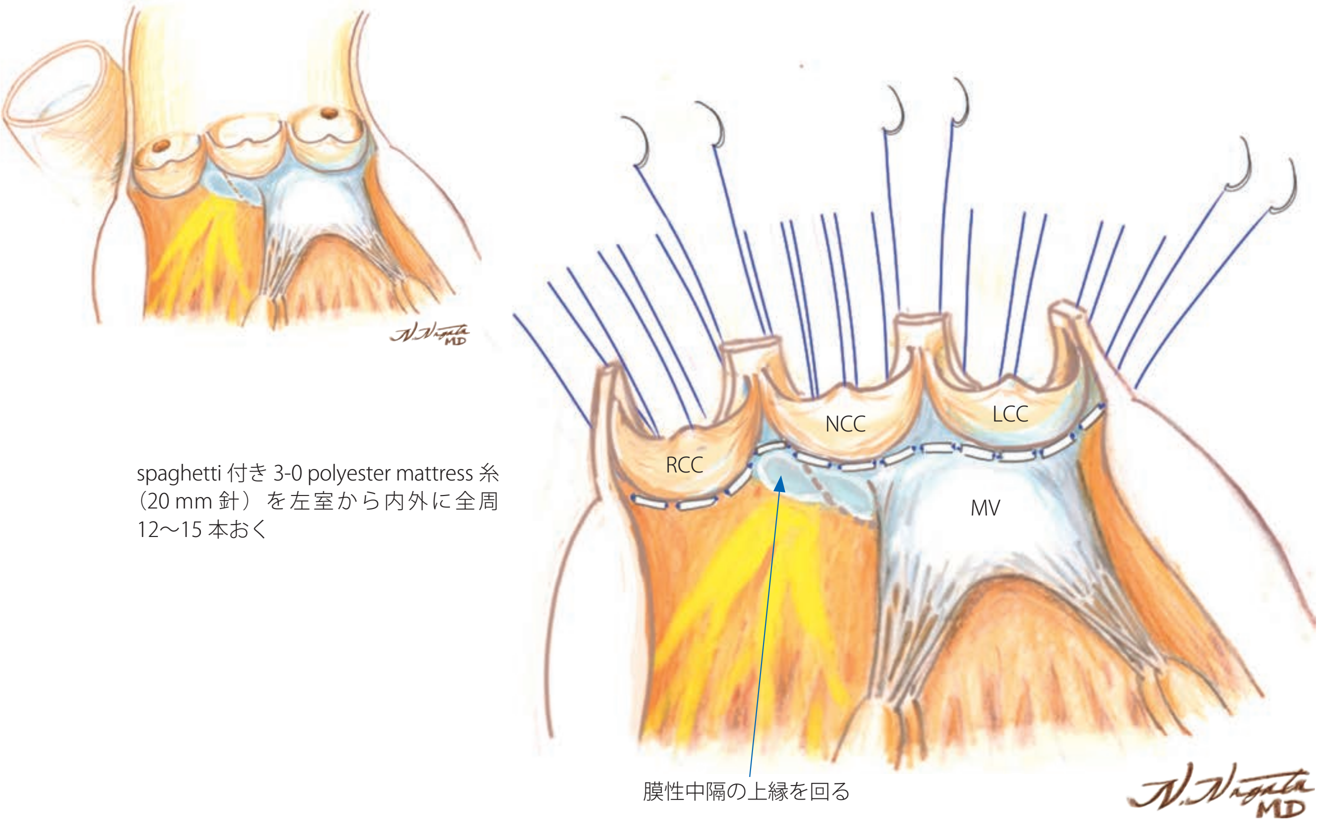
ポイント

- 至適グラフトサイズの決定に関しては, VAJ 径＋(4〜6) mm, NCC-LCC 交連部と cusp nadir 間距離など種々の計算式が報告されている.
- 前出の Brussels height（12）も参考にするが, 迷えば大きめのグラフトを選択する.
- 弁尖に対してグラフト径が過大であると, 中心性逆流が発生するし, 過小であると形成術後に弁尖が逸脱する[7].

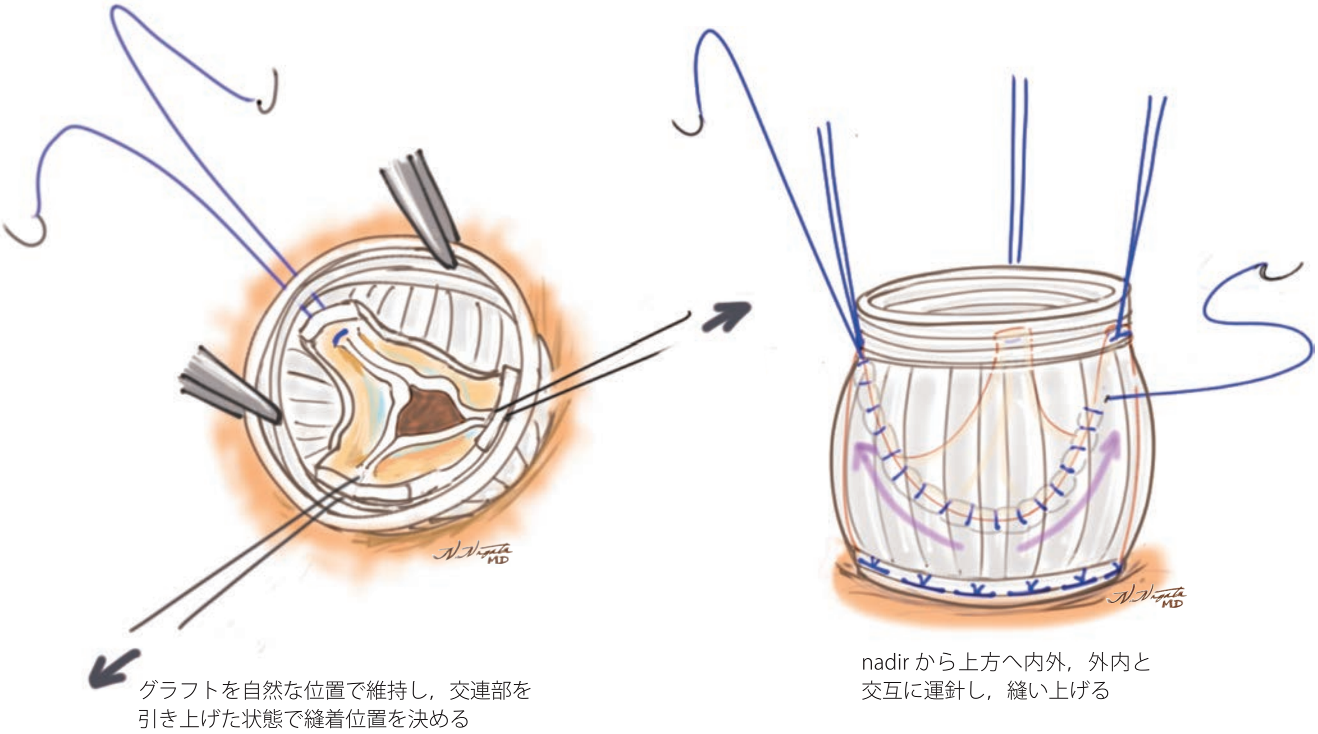
- さまざまなグラフト径決定用のサイザーが作成されている．Komiya ら[19] は Reimplantation 法における適正なグラフト径選択を得るため，eH を 8 mm と規定し gH と VAJ の関係から有効な弁尖接合長を得るための簡易計算式を考抜した（15).

first row suture

- 基部剥離後，大動脈壁を弁輪から 5 mm 余して切除し，その弁輪直下に first row suture として spaghetti 付き 3-0 polyester mattress 糸（20 mm 針）を左室から内外に全周 12〜15 本おく．この際の縫合線は AVJ のレベルであるが，その刺出点は前述の解剖学的理由により，RCC-LCC 間の交連部直下



16 Reimplantation 法での first row suture（弁輪部の糸かけ）



17 交連部の縫着位置決め，および second row suture の縫い上げ

は 3〜5 mm 上方に偏位する．また RCC-NCC 間では膜性中隔上端に刺入するため，膜性中隔の大きさによるが，7〜10 mm 上方に偏位することになる．

- 膜様中隔そのものに針を刺入するときは，結紮時に cutting しないように注意する（**16** **17**）.

交連部縫着位置の決定

- 人工血管を外挿し，これらの 3-0 polyester 糸をグラフト下端に通し縫着する．結紮時，強く締めると弁輪の変形をきたすので注意する．
- 次いで，各交連部を 5-0 polypropylene 糸でグラフ