

第62回 日本胸部外科学会ランチョンセミナー

2009年10月14日(水) パシフィコ横浜

—ハイブリッドシステムが切り開く新たな世界—

カテーテルと手術のコラボレーションによる
さらなる治療低侵襲化の試み

[座長]

三重大学名誉教授
 鈴鹿医療科学大学 医用工学部長
矢田 公氏



[演者]

三井記念病院 心臓血管外科部長
宮入 剛氏



はじめに

近年における心臓血管外科手術の成績向上はめざましく、その治療の有効性は多くのevidenceとして示されている。ただし、外科手術には侵襲性を伴うという欠点があり、その克服に向けてさまざまな器具の開発、補助手段の改良、技術の向上が図られているが、未だカテーテル治療の低侵襲性には遠く及ばない。われわれの施設では2009年1月に、国内初となる天井走行式X線血管撮影装置とX線透視対応カーボン製手術台のユニットによるハイブリッドシステム(東芝メディカルシステムズ製 Infinix Celeve-i INFX-8000H)が設置されたのを機に、カテーテルと手術のコラボレーションによる、さらなる治療低侵襲化の試みを開始した。そこで、その現況について報告するとともに、内科と外科のコラボレーションによる治療戦略のパラダイムシフトの可能性について展望したい。

ハイブリッド手術式とは

ハイブリッドとは、そもそも動植物の雑種の

ことを指すが、最近ではハイブリッドカーに代表されるように、2つの異なったものを組み合わせ、より高いパフォーマンスを引き出すという意味で使われている。本稿で論じるハイブリッド手術室とは、端的に言って血管造影室における天井走行式Cアームを手術用寝台と組み合わせたもの、あるいは、血管造影室におけるカテーテル治療用寝台の代わりに手術用寝台を持ってきたものを指す(図1)。これまで手術室で透視を行う際には、モバイルCアームを用いていたが、これに比べてハイブリッド手術室のCアームには、①X線の出力が大きい(透視画像が鮮明)、②X線管の容量が大きい(オーバーヒートしない)、③平面検出器で広い視野および高画像が得られる、④Cアームが電動で操作できる—などのメリットがある。一方、コストが高いため、多目的に利用して利用効率を上げる必要がある点がデメリットといえる。

メリットの③に挙げた平面検出器は、有効視野12×16インチで、4段階の拡大機能により細かい作業でも十分な画面サイズが得られる。また半導体検出器であるため、長期にわたり安定していて、画像にひずみがない。

Cアームに関しては、通常の血管造影室での



図1 ハイブリッド手術室

MAQUET社製のX線透過性の手術台 (MAQUET ALPHAMAQUET1150) とTOSHIBA社製の天井走行式Cアームを有した、X線循環器診断の施行が可能な手術室である (X線循環器診断システム: TOSHIBA Infinix Celeve-i INFX-8000H)。

ようにローテーション、長手方向、横手方向の移動が可能である。平面検出器の位置は手元のハンドルでコントロール可能であり、天井位置もオートポジショニングに登録できる。

手術用寝台は Maquet 社製で、テーブルトップが着脱可能になっており、通常の手術ではヘッドプレートを用いるが、透視が必要な際はオールカーボンのテーブルトップを使用する。レールは移動ができ、支柱は回転が可能である。

ハイブリッド手術室の設計に当たっては、実際にそこを使用する医師が参加すべきである。寝台の選択に際しては、手術がメインであれば手術用寝台を利用すべきだし、カテーテル治療が目的であればカテーテル寝台でもよい。われわれが設置前に見学した Columbus の Nationwide Children's Hospital では、手術用

寝台を設置したハイブリッド手術室と、カテーテル治療用寝台を設置したハイブリッド手術室が隣り合っていて、症例によって使い分けていた。

Cアームの形式についても、床置き式と天井走行式のどちらにするか、医師が決定すべきである。これはどちらにもメリット、デメリットがあるが、天井走行式では set position と park position が選択でき、後者にすることで寝台の周りの十分な clearance が得られる。

なかでも最も重要なのは全体のレイアウトで、無影灯やモニタ類など天井の機器、あるいは種々の床置きの機材の配置を考えたいうで行うことである。特にCアームを入れた時に干渉しない配置を選ぶ必要がある。そのためにも、できるだけ事前に3D-CADを使ってシミュ

レーションを行ったほうがよい。こうした機器や機材の配置の他にも、人の動線を考慮に入れて設計することも大切である（図2）。

ハイブリッド手術室でできること

ハイブリッド手術室で具体的にできることとしては、術中ないし術直後の造影がまず挙げられる。またカテーテル治療室では無理があるような、やや侵襲性の高いカテーテル治療、たとえば大動脈に対するステントグラフト、あるいはカテーテル弁置換、弁形成術などが可能である。さらに、低侵襲の冠動脈バイパス術（CABG）である MIDCAB や OPCAB, CABG と冠動脈インターベンション（PCI）との組み

合わせなど、いわゆるハイブリッドな治療がいく通りも考えられ、その可能性は今後、さらに開けてくるものと思われる。

われわれの施設のハイブリッド手術室の利用において、これまで最も頻度が高かったのは大動脈ステントグラフト内挿術、末梢動脈に対するコイル塞栓術およびステント挿入術などである。たとえば、72歳男性で胃全摘後の腹部大動脈瘤（AAA）にステントグラフトを挿入した症例では、腎動脈下の分枝まで明瞭に描出されていた。55歳の拡張型心筋症（DCM）の合併のあるAAA患者にステントグラフトを行った症例でも、心臓のout put が少ないために造影剤のwash outが悪くなっていたにもかかわらず、腹部分枝は明瞭に描出されていた。76

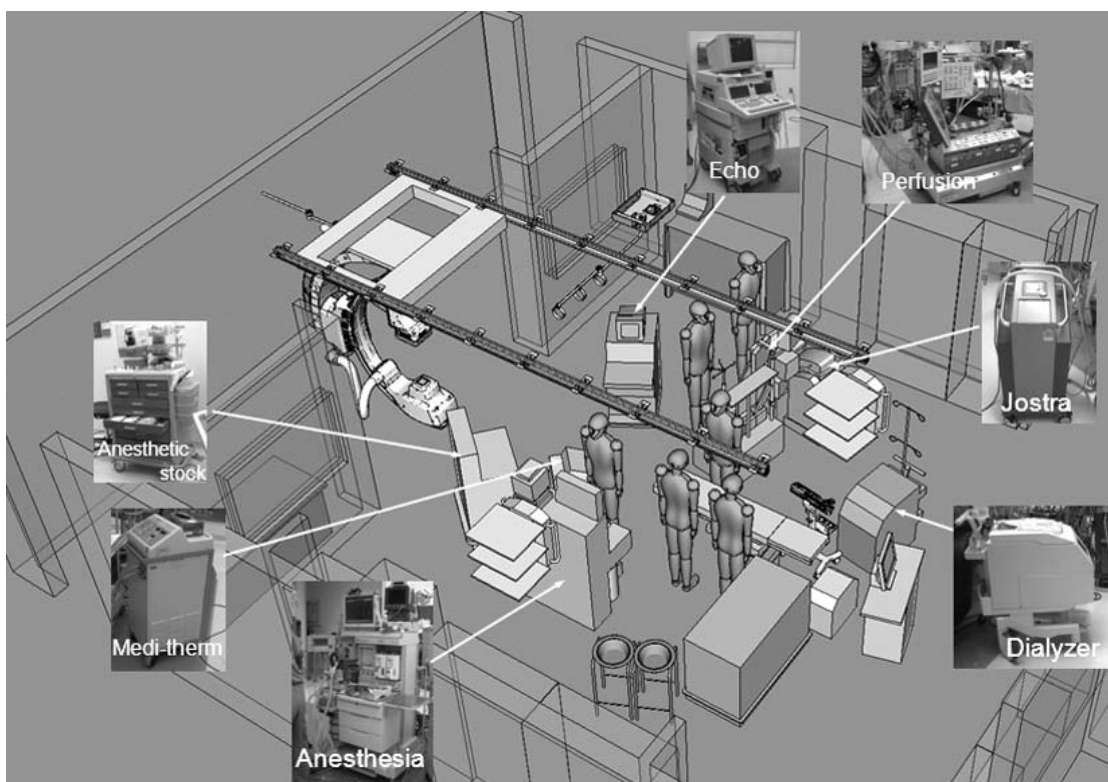


図2 ハイブリッド手術室のレイアウトの重要性

手術用機材と血管造影装置の干渉を最小限に抑える設置計画が重要。3D-CADを用いた事前シミュレーションなどで、術者自ら設計に参加すべきである。



図3 ハイブリッド手術室(カテーテル操作時)

LITAにバルーンを留置、拡張しているところ。こうしたカテーテル操作時には、Cアームとフラットパネルモニターを移動する。

歳男性で造影剤アレルギーのために造影剤が使えなかった症例でも、高精度の画像に支えられ、CO₂を用いた腹部ステントグラフト内挿術が可能であった。他に、60歳男性で右の総腸骨動脈瘤に対して内腸骨動脈をコイル塞栓した後に総腸骨から外腸骨動脈にかけてステントグラフトを挿入した症例、76歳男性で狭心症を合併した閉塞性動脈硬化症(ASO)に対し、左総腸骨から外腸骨にかけて経皮的血管形成術(PTA)を行った後、大腿-大腿動脈(F-F)バイパス術および左大腿-膝窩動脈(F-P)バイパス術を行った症例なども経験している。いずれもCアームのもたらす高精度で広い視野の画像に支えられ、これまでになくストレスのない、円滑な治療が行えたと考えている。

最近では、末梢動脈血管内治療+バイパス、大動脈ステントグラフト+バイパス、大動脈解離分枝狭窄/閉塞例などのハイブリッド手術も開始している。たとえば、大動脈ステントグラフト+分枝バイパス、いわゆるdebranchingは、特に胸腹部大動脈瘤などのハイリスク例に対して有効とされているが、debranching後のステ

ント留置には非常に精緻な画像が必要となるので、ハイブリッド手術室の利点が活きると考えられる。

冠動脈疾患に対するハイブリッド手術室の利用は、上述のように、まず術中ないし術直後の透視・造影、バイパス術後の再手術などから開始し、有効性を認めている。術直後の造影に関しては、NashvilleのVanderbilt大学から成績が報告されているが、それによると、全515のグラフト例に対し造影(胸郭閉鎖前)を行った結果、異常が92例

(18%)見つかり、そのうちの44例ではなんらかのmajor revisionが必要であり、30例に対してはPCIを行い、再手術は14例であったという。この成績自体は施設によっても変わってくるであろうが、とにかくハイブリッド手術室であれば術直後にこうした手術首尾の評価が可能であり、それはまた、手術の方法や手順などにもフィードバックさせることが可能になると考えられる。

症例報告

われわれの施設で、CABG後の大動脈弁狭窄症(AS)に対してハイブリッド再手術を行った1例を紹介する。

【症例】 56歳男性

【現病歴】 1995年8月に左内胸動脈-左前下行枝(LITA-LAD)、大伏在静脈-第1対角枝-後側壁枝-4区画房室枝(SV-D1-PL-4AV)、胃大網動脈-4区画後下行枝(GEA-4PD)に対しCABGを施行。7年後の2002年5月に左回旋枝(LCX)に対してPCI施行後、2008年より

AS, 心房細動による心不全の増悪を認める。

【検査所見】 身体所見では胸部にⅡ度の収縮期雑音を聴取。両側大腿動脈は触知不良であった。超音波検査ではEF46%。石灰化大動脈弁で圧較差は52mmHg。弁口面積は0.8cm²であった。術前3D-CTではLITA-LAD, SV-D1-PL-4AVグラフトは開存, GEA-4PDグラフトは閉塞していた。右冠動脈(RCA)は2番で全閉塞, LADは6番で全閉塞, CXは11番で90%狭窄であった。

【診断】 CABG後ASにて再手術の適応ありと判断。

【手術経過】 方針は、開存LITAをカテーテル的に遮断し、大動脈弁置換術(AVR)を行うこととした。まず、皮切前にカテーテルチームが左上腕動脈に6Frシースを挿入。次いで手術チームが右鎖骨下動脈送血, 右大腿静脈脱血の処置を行った後、再開胸手術を施行。上行大動脈周囲を剥離し、右上肺静脈より左室ベントを挿入して、ポンプのset upを完了した。

ここで再びカテーテル操作に移り、LITAにバルーンを留置、拡張してLITAを遮断し、逆行性に心臓保護を得た(図3)。LITAの遮断は造影により確認しているが、遮断鉗子、開胸器などが写っている(図4)。この状態で手術チームが弁置換術を施行、バルーン抜去後にもLITA造影を行い、損傷がないことを確認した。手術時間はカテーテル操作を含め8時間36分、人工心肺(CPB)時間は185分、大動脈遮断(Axc)時間は132分であった。

ハイブリッド治療の利点

冠動脈ステント+LITA-LADバイパス術というハイブリッド治療の有効性の根拠としては、SVグラフトは薬物療法より survival benefitがあるということが報告されている。さらにITAグラフトはSVグラフトよりも survival benefitがあるという報告もある。特にLADに対してはITAグラフトがきわめて

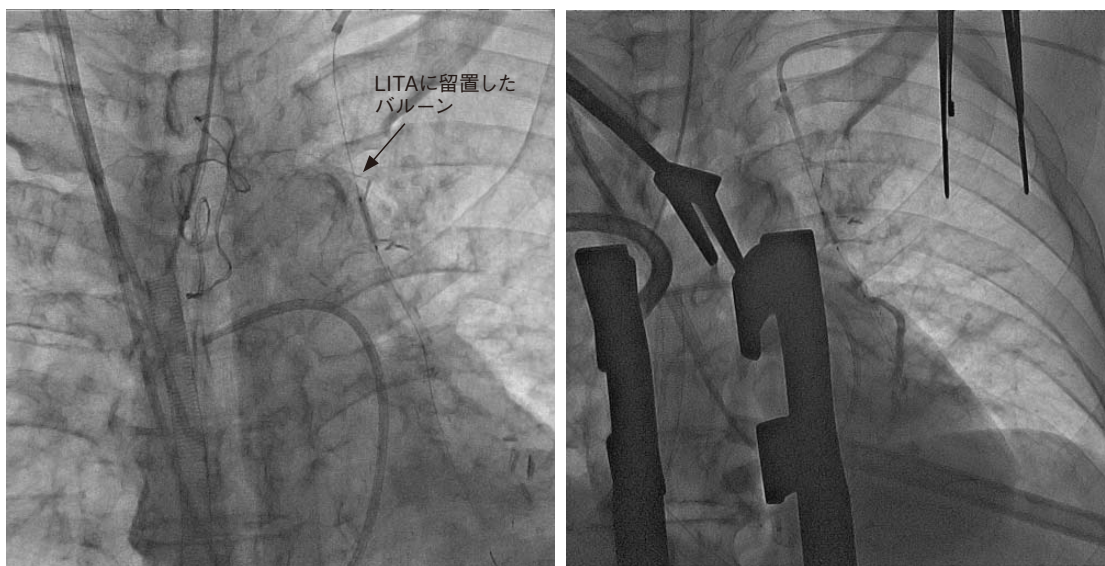


図4 バルーンによるLITA遮断

大動脈遮断後、LITAに留置したソフィアバルーンを2atmで拡張し、LITAを遮断したところ。右の画像では開胸器と遮断鉗子が写っている。冠動脈血流が停止しており、側副血行路を介してSVグラフトにある造影剤がwash outせず残っているが、バルーン末梢のLITAには造影剤が流れておらず、血流が遮断できていることが確認できる。

カテーテルと手術のコラボレーションによるさらなる治療低侵襲化の試み



有効で、これに優る治療法は、カテーテル治療も含めて現在見当たらない。一方、non-LADに対してはLADに対してよりも、カテーテル治療による再狭窄が少ないという報告がなされている。こうしたことから、non-LADの冠動脈ステント+LITA-LADバイパス術という治療戦略が成り立つ。

プロトコールとしては、PCIの前に手術を行っても、その逆にPCI後に手術を行ってもよいが、患者の苦痛、治療の短縮化、あるいは待機中の冠イベント発生を心配しなくてよいということなどから、同時手術が考慮されてよい。同時手術の場合、問題になってくるのは抗血小板療法のレジメである。現在、薬物溶出ステント(DES)に対しては施行前からのクロピドグレルの使用が推奨されているが、ハイブリッド手術の場合は、手術の7日前にクロピドグレルを切ってアスピリンのみを使用し、MIDCABを施行した後の造影で異常がなければ再びクロピドグレルに切り替え、PCIを行うというプロトコールも考えられる。

AtlantaのEmory大学は冠動脈に対するハイブリッド治療の成績を報告しているが、それによると、CABG→ステント54例、ステント→CABG6例を合わせた60例を9カ月間フォローアップすると、主要心血管イベント(MACE)が7例発生し、うち5例が再狭窄であったという。

冠動脈ハイブリッド治療の利点としては、侵襲性が低くなることによる短期成績の向上と、

迅速な社会復帰が挙げられる。一方、欠点としては、血行再建が不完全になる可能性、主にステントによる再血行再建術の必要性、費用が高い、保険適応がない、長期成績が不明などが挙げられる。しかし現在、冠動脈疾患患者が高齢化しており、脳梗塞などを合併したハイリスク患者、PCIの長期開存が望めない患者などが増えてくると、ハイブリッド治療の適応を考慮する必要性は高まってくると思われる。

弁膜疾患に関しては、経皮的アプローチであればカテーテル治療でよいが、経心尖部アプローチになると、ハイブリッド手術室が必要になる。

先天性心疾患では最近、左心低形成症候群(HLHS)に対するハイブリッド治療が注目されている。本治療では肺動脈のbandingを行った後、self expendableなPDAステントを挿入し、肺動脈血流をコントロールしつつ、体血流を維持することを目指す。先述したNationwide Children's Hospitalの報告では、ハイブリッド治療の導入後、first stageの死亡率は激減しているそうである。

おわりに

ハイブリッド治療を成功させる鍵は、院内各科の協力体制であると考えている。これまで、各科は独立して診療し、他科の協力が必要な場合は、その時だけ協力を仰ぐという体制であった。しかしハイブリッド治療のためには、各科は日頃から密接に交流を持ち、一緒に治療のdecision makingをするという体制を作っておくことが肝要である。そうでないと、ハイブリッド治療を行おうとしても、円滑な協力体制は急には生まれてこない。そのためには当然、内科医には外科の、外科医には内科の治療法についてのより深い知識と理解が必要になってくる。これに関しては、各科合同のカンファレンスを行う、あるいは他科のカンファレンスにも自由に参加できるようにするなど、病院全体での取り組みが望まれよう。