

TAVI における下肢rSO₂の有用性 — 開心術における脳rSO₂と同様に必須なのか? —



石井久成 先生

天理よろづ相談所病院 麻酔科

ご略歴

- 平成2 金沢大学 医学部卒業
- 平成2 京都大学 麻酔学教室入局
- 平成3 京都市立病院 麻酔科医員
- 平成11 京都大学 医学部附属病院麻酔科 助教
- 平成18 アメリカ国立衛生研究所 (NIH) 内
アメリカ国立ガン研究所 (NCI) 放射線生物学分野
Visiting fellow
- 平成20 京都大学医学部附属病院 麻酔科 助教
- 平成24 独立行政法人 国立病院機構
京都医療センター麻酔科 医長
- 平成25 公益財団法人天理よろづ相談所病院 麻酔科部長
～現在に至る

資格・学会

- 日本麻酔学会 麻酔専門医・指導医
- 日本心臓血管麻酔学会 心臓血管麻酔専門医 常任理事
- 日本循環制御医学会 理事

はじめに

経カテーテル大動脈弁留置術 (transcatheter aortic valve implantation: TAVI) は、高齢や他の合併症のために開心術が困難な患者に対して適応がある。特に汎用される経大腿動脈 TAVI (Transfemoral TAVI: TF-TAVI) は、外科的弁置換術と比べて死亡率の低減が謳われているが、血管合併症は諸家の報告によれば1.9～17.3%とされており必ずしも低くはない¹⁾。また、腸骨・大腿動脈破裂の頻度は、外科的切開した場合に4.0～9.3%といわれる。30例の動脈破裂において6例 (20%) の死亡が報告されているように、致死率の高い合併症である。血管合併症の予測因子ならびに予防法は種々のものが報告されているが、TF-TAVIの術中下肢虚血モニターについては報告が少ない。INVOS™ 5100C システム (以下INVOS™) は近赤外線を使ってrSO₂を経時的に測定する装置で、主に心臓外科の開心術において、前額部にプローブを貼付して局所 (センサ直下) の酸素需給バランスの変化をとらえ局所の灌流状態や代謝を評価する脳オキシメータである。脳以外でも大腿動静脈カニューレション下による、経皮的心肺補助装置が装着された患者や、ロボット補助下内視鏡的心臓手術患者の下肢にプローブを貼付して、血流を監視し下肢虚血の早期発見に役立てられており、応用が広がりつつある。当院では、2014年にTAVIが導入されて以来、全例 (2021年6月まで150例以上) に下肢虚血のモニターとして両下肢にプローブを貼付してrSO₂を測定している (図1)。本稿では、当院のTAVIにおける下肢rSO₂モニターの使用経験をもとに、その有用性を検討する。



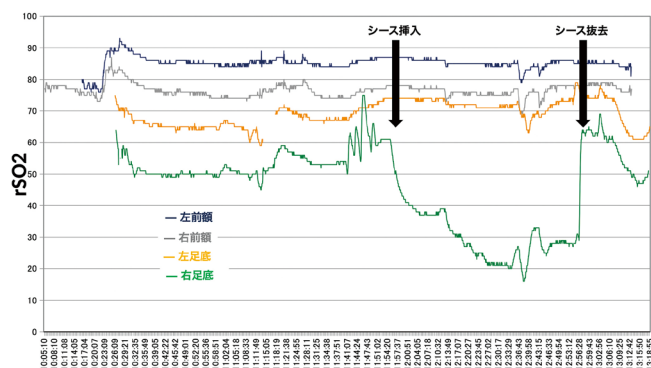
図1 下肢 rSO₂のINVOS™のプローブを貼付の方法

当院では基本的に両足底に貼付している。

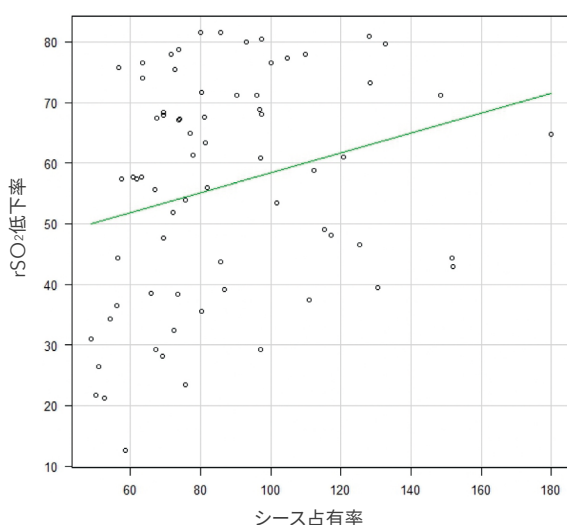
TAVI患者は下肢の末梢の動脈の血流不全があることを想定している。

TF-TAVIにおける下肢虚血は必発である

TF-TAVI中のINVOS™のデータの経時変化の一例を示す(図2)。図はINVOS™に保存された数値をエクセルで加工して作成されたものである。TAVIの麻酔導入前に前額ならびに足底にプローブを貼付してモニターを開始し、麻酔終了まで測定する。大腿動脈から人工弁留置のための大径シースが挿入されると同時に挿入側の下肢rSO₂は低下し始める。弁留置の手技が終了してシースが抜去されるまで下肢rSO₂の低値は持続しシース抜去とともに急速に回復する。当院で施行されたTF-TAVIで測定された下肢rSO₂から、下肢rSO₂の低下率と動脈のシース占有率(シースの断面積とシース挿入部より上流の最小動脈内腔断面積に対する比)は正の相関を示した(図3)。下肢rSO₂はTF-TAVI術中のシース操作による下肢虚血をリアルタイムで検知可能にする優れたモニターと言える。

図2 TF-TAVI中の前額ならびに下肢のrSO₂の変化

シース挿入に伴い速やかに右下肢rSO₂が低下した。低下は人工弁が装着されシースが抜去されるまで持続した。右下肢rSO₂はシース抜去とともに速やかに回復した。

図3 シース挿入側のシース占有率と下肢rSO₂の低下の関係

当院のTF-TAVI症例(88人)。シース占有率は穿刺部位より中枢側でCTから求められた最小血管断面積に対するシース断面積の割合として算出した。シース挿入側の下肢rSO₂低下率は、麻酔導入前のrSO₂最大値とシース挿入後のrSO₂最小値の差のシース挿入前のrSO₂最大値に対する割合として算出した。有意な正の相関を認めた。

症例提示

— 循環動態に顕在化しない(サイレントな)動脈損傷 —

当院で経験したTF-TAVIにおける致死性の動脈損傷を下肢rSO₂によって診断し治療した症例を紹介する²⁾。

80才、女性

身長135 cm、体重40 kg

重症大動脈弁狭窄症

直径23mmの人工弁でTF-TAVIが予定された。

両側大腿動脈CT(図4):重度の石灰化・最狭部直径が5mm未満
左外腸骨動脈(径6.5mm x 5.4mm)をアクセス部位とした。

左鼠径部を小切開

左外腸骨動脈から16フレンチ*(外径6.6mm)シース挿入
(*初期のシステムでは直径23mm人工弁に適したサイズ)

全身麻酔(気管挿管)

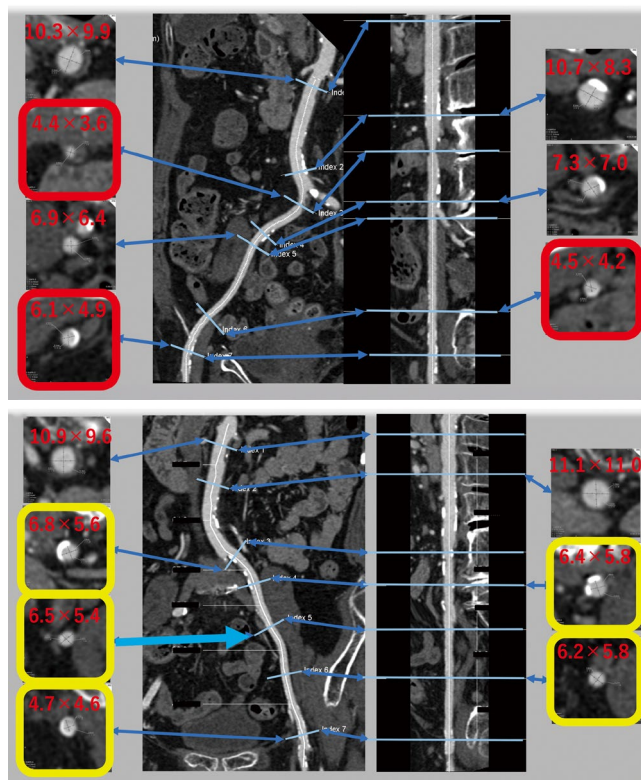
INVOS™:左右前額部、左右足底部のrSO₂をモニター斉藤・石井・麻酔. 2016;65(2):184-8.²⁾

図4 両側下肢動脈CT

赤枠部位は短径が5mm未満、黄枠部位は短径が6mm未満。狭小部が頻発し、全周の1/2~2/3に及ぶ石灰化を認める部位もあった。アプローチ部位として右側は総腸骨動脈が狭小(4.4x3.6mm)なため適応とならず、左外腸骨動脈(青太矢印、6.5x5.4mm)が選択された。

手術経過

1. シース挿入

左鼠径部を切開し左外腸骨動脈から16フレンチ(外径6.6mm)のシースを挿入した。人工弁留置の前に、ラビッドペーシング下にバルーン大動脈弁形成術(Balloon Aortic Valvoplasty: BAV)が施行された。

2. 人工弁挿入

人工弁を装着したカテーテルをシースに内挿した。人工弁がシース内にスタックして進行不能となった。複数の術者が協力してカテーテルを押し、人工弁のさらに深い挿入をこころみたが、人工弁はシース内にスタックのままだった。

3. 下肢rSO₂著減

カテーテル操作中に、左下肢のrSO₂が著減し(15%;測定可能な最低値)、虚血が疑われた(図5)。術者に報告し、心臓外科医が鼠径部の切開を拡大して観察すると、左外腸骨動脈が断裂していた(図6)。断裂した動脈の遠位断端は攣縮し、近位断端はシースに圧迫されていたため出血が少なかった。循環動態も安定していた。

4. 処置

シース動脈挿入部から左総腸骨動脈まで切開を延長し、直視下にシースとスタックした人工弁は一体として抜去され、直ちに動脈を遮断し人工血管置換術が施行された(図7)。下肢虚血中の動脈血ガス分析では、pH 7.312, PaCO₂ 40 mmHg, PaO₂ 205 mmHg, BE -5.9 mEq・l⁻¹, K 6.96 mEq・l⁻¹と代謝性アシドーシスならびに高カリウム血症を認めたため、炭酸水素ナトリウム投与とグルコース・インスリン療法で補正した。動脈再建後、左下肢のrSO₂は15%から58%に回復した。左足底rSO₂の経時変化から左下肢の虚血は約3時間と推定された。

5. TAVI中止、術後経過

TAVIは中止し、患者を麻酔から覚醒させ抜管の後、ICUに入室させた。術後の経胸壁心エコーでは、ASはBAVにより重度から中等度に改善していた。術後経過では下肢の運動ならびに神経障害を認めずASによる症状は改善し患者は独歩退院した。本症例では、腸骨動脈断裂という重大合併症にも関わらず、術野で出血を認めず、循環動態は安定していた。下肢rSO₂の著減が腸骨動脈断裂の診断の端緒となった。TF-TAVIにおいて下肢rSO₂のモニターは有用と考えられた。

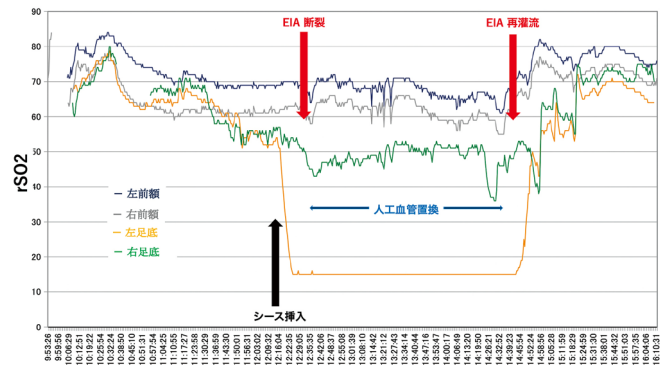


図5 TF-TAVI中の前額ならびに下肢のrSO₂の変化
シース挿入とともに右下肢rSO₂の低下を認めた。右下肢rSO₂の著減を認め術野で右外腸骨動脈(EIA)断裂が診断された。人工血管置換術中は右下肢rSO₂は15%で、血管置換・再灌流後は速やかに回復した。

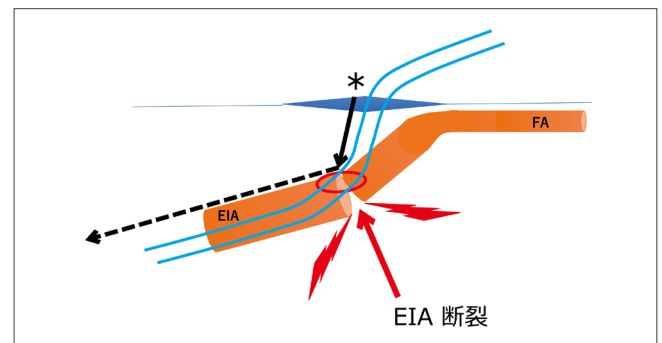


図6 外腸骨動脈断裂の模式図

大腿動脈(FA)が狭小なため、鼠径部を小切開して(*),後腹膜腔アプローチで右外腸骨動脈(EIA)にシースを挿入した。動脈挿入部は周囲に石灰化がありシース挿入には強い抵抗があった。右EIAが深部にあったため、切開部(*)からEIAへシース刺入する方向(実線矢印)とEIAの中核に向かうシースの軸方向(点線矢印)の間に大きな角度を生じた。シース内に人工弁を挿入・進行させる際にEIAのシース刺入部に過度の力がかかりEIA後壁から断裂したと考えられた。



図7 人工血管置換術(外腸骨動脈の再建)

心臓血管麻酔におけるINVOS™の位置付け

2017年に日本心臓血管麻酔学会から心臓血管麻酔における近赤外線脳酸素モニターの使用指針³⁾が発表され、術中の適正な使用・異常時の対応により術後の機能的な予後改善に寄与できることから、使用が薦められている。また、アメリカでも、米国食品医薬品局（FDA）からは、心臓大血管手術における局所脳酸素飽和度モニターとしてINVOS™が認可されている。

TF-TAVIにおける血管合併症の頻度と重要性

TF-TAVIのアクセス部位の血管合併症として、腸骨・大腿動脈の解離、破裂、引き抜き損傷、狭窄・閉塞、仮性動脈瘤が報告されている。TF-TAVIの重症血管合併症の頻度は、2020年のRahhabのメタ解析（24研究、患者数14308人）によれば、7.71%と報告されている⁴⁾。一旦血管合併症を発症すると予後に影響を及ぼし、Tamburinoの報告ではアクセス部位の血管の重篤な合併症は早期死亡の予後規定因子（Hazard ratio:8.47）である⁵⁾。血管合併症の予測因子としてHayashidaは、動脈の石灰化、施設経験値、シース径対動脈径比 >1.1 が挙げている⁶⁾。TF-TAVIの合併症予防についての総説において、Sarsiniはアクセス部位の合併症の予防法として、エコーガイド下穿刺、動脈の性状によっては外科的カットダウンを挙げているが、下肢の虚血モニターについては言及がされていない⁷⁾。

TF-TAVIに下肢 rSO₂モニターは必須か？

TAVIにおいて、シース挿入側の下肢虚血は程度に差はあれ必発である。下肢虚血は、INVOS™による下肢rSO₂の増減によって容易にモニターすることができる。当院では、TAVIの手術が導入されて以来、ルーチンとして下肢rSO₂をモニターしている。前述した症例も含めて、下肢rSO₂によってアクセス部位の血管合併症を未然に防いできたと推測される。当院におけるTAVIでは、下肢rSO₂は有用であり、必須と当施設での経験から考えている。心臓血管手術における脳rSO₂のように日本心臓血管麻酔学会が推奨するものではないので、TF-TAVIの下肢rSO₂を必須と訴える事は現時点ではできない。しかし脳rSO₂も心臓血管麻酔において脳虚血を懸念する臨床医に2000年ごろより常用されてきたにもかかわらず、学会による使用指針を発表されたのは2017年であった。下肢rSO₂については未だ汎用に至っていないのみならず、使用に当たっても、術中の低下による治療介入のタイミング、方法、術後の下肢の合併症（運動・感覚障害、血栓形成など）と術中の低下の程度と期間など不明な点が多い。本稿を読まれて、TAVIにおける下肢rSO₂のモニターをする臨床医が増えて、より多くのデータの蓄積がなされることを期待したい。

最後に

学会やFDAの言を待たずとも、一施設の経験を基にしても、下肢rSO₂はTAVIにおける下肢虚血の理にかなったモニターと考える。再々度言うが、TAVIでシース挿入側の下肢虚血は必発であり、下肢rSO₂は経時的にリアルタイムでそれをモニターすることが期待できるのである。

※本稿は、2021年2月に開催された第41回日本循環制御医学会総会・学術集会で著者が報告したものに基づく。



参考文献

- 1) Toggweiler S, et al. JACC Cardiovasc Interv. 2013;6(8):767-76. PMID:23968697
- 2) Saito S, Ishii H, Masui. 2016;65(2):184-8. PMID:27017778
- 3) 心臓血管麻酔における近赤外線脳酸素モニターの使用指針: 日本心臓血管麻酔学会; 2017 [cited 2021/08/20]
<http://www.jscva.org/uploads/userfiles/files/NIRS%E4%BD%BF%E7%94%A8%E6%8C%87%E9%87%9D%E3%80%90%E6%9C%80%E7%B5%82%E3%80%91.pdf>.
- 4) Rahhab Z, et al. Structural Heart. 2019;4(1):62-71.
- 5) Tamburino C, et al. Circulation. 2011;123(3):299-308. PMID:21220731
- 6) Hayashida K, et al. JACC Cardiovasc Interv. 2011;4(8):851-8. PMID:21851897
- 7) Scarsini R, et al. J Am Heart Assoc. 2019;8(18):e013801. PMID:31522627

製造販売元 コヴィディエンジャパン株式会社
販売名 INVOS 5100C システム
医療機器承認番号 30100BZX00181000

使用目的又は効果、警告・禁忌を含む使用上の注意点等の情報につきましては製品の電子添文をご参照ください。

© 2021-2022 Medtronic. Medtronic及びMedtronicロゴマークは、Medtronicの商標です。
TMを付記した商標は、Medtronic companyの商標です。

Medtronic

お問い合わせ先
コヴィディエンジャパン株式会社

Tel : 0120-998-971
medtronic.co.jp

mt-prqu(47)2203
RMS_2021_1000-A-1