

## cerebral rSO<sub>2</sub>をガイドにした OPCAB循環管理： 安静時を上回る酸素需給バランスを意識した戦略



黒川 智 先生

### 学歴

平成3年 3月 新潟大学医学部 卒業  
平成9年 3月 新潟大学大学院 修了

### 職歴

平成3年 5月 新潟大学医学部附属病院 麻酔科  
平成4年 4月 長岡赤十字病院 麻酔科  
平成5年 7月 県立がんセンター新潟病院 麻酔科  
平成9年 11月 新潟大学医学部附属病院 麻酔科 助手  
平成18年 12月 新潟大学医学部総合病院 周産母子センター 講師  
平成20年 4月 東京女子医科大学 麻酔科 講師  
平成26年 6月 東京女子医科大学 麻酔科 准教授

現在に至る

### 研究領域

小児心臓手術における経食道心エコーの有用性  
成人先天性心疾患における心臓再手術の麻酔  
先天性心疾患合併妊婦の麻酔  
先天性心疾患合併患者の非心臓手術の麻酔管理

### 資格

平成10年 麻酔科専門医 指導医  
平成17年 北米心臓超音波資格 周術期経食道心エコー認定試験合格  
平成18年 日本周術期経食道心エコー認定試験合格  
平成22年 心臓血管麻酔専門医  
平成27年 小児麻酔認定医

### 学会

日本麻酔科学会 会員  
日本心臓血管麻酔学会 理事  
日本小児麻酔科学会 評議員

我々の考える拍動下冠動脈バイパス術(off-pump coronary artery bypass grafting: OPCAB)の麻酔管理のコンセプトは、心臓のパフォーマンスを最大近く高め、心脱転に伴う循環変動に耐える余力を生み出し、心脱転後の循環、すなわち心拍出量(CO)、全身酸素供給量(DO<sub>2</sub>)及び酸素需給バランスを安静時(ベースライン)以上に維持し続けることである。本稿では、当院で行っている局所脳組織酸素飽和度をガイドにしたOPCAB中の循環管理について、安静時を上回る酸素需給バランスを意識した観点より紹介する。

### 1. 心臓手術における局所脳組織酸素飽和度 (cerebral regional SO<sub>2</sub>:c-rSO<sub>2</sub>)

心臓血管手術における周術期脳障害の発生率は高く、脳障害の一部は術中の脳血流障害に起因するが、術中の脳血流障害を正確に検出する手法は確立されていない。その中であって、近赤外線分光法に基づく脳酸素モニターは、センサー貼付下の局所に限定されるが、脳組織における酸素需給バランスの把握を可能にする有用な手法であり、現在では心臓血管手術領域において不可欠なモニターに位置付けられている<sup>1)</sup>。実際に体外循環を使用する手術では、送血管や脱血管の位置異常などに起因する脳灌流異常検出における有用性は広く認識されている。

一方、c-rSO<sub>2</sub>は脳酸素需給バランスの指標となるだけでなく、中心静脈酸素飽和度(ScvO<sub>2</sub>)、混合静脈血酸素飽和度(SvO<sub>2</sub>)、体血流量(Qs)すなわちCOやDO<sub>2</sub>と相関することが報告されており<sup>2)-4)</sup>、DO<sub>2</sub>や全身酸素需給バランスを反映する循環指標とも捉えられる。

## 2. OPCABにおけるc-rSO<sub>2</sub>測定

OPCABにおける循環管理の要点は詰まるところ、心脱転や吻合ポジション固定に耐え、循環を維持できるか否か？に要約される。これらの手技中に心臓自体、さらに全身の臓器・組織においても、酸素需給バランスを正に維持することが求められる。術前より低心拍出（LOS）の場合には、特に心脱転によるCO/DO<sub>2</sub>低下に伴い酸素負債が許容される閾値を超え、臓器障害や循環虚脱に陥るリスクが高まる。

c-rSO<sub>2</sub>は、OPCABにおいては主に術中の脳酸素需給バランスの指標として利用されてきた。Uenoら<sup>5)</sup>は心脱転に伴いc-rSO<sub>2</sub>の一時的低下を認めたが、比較的軽度の低下ですぐに回復したことを示した。さらに体外循環下でのCABGに比較してc-rSO<sub>2</sub>値を高く維持しえたことから、脳酸素需給バランスの観点からOPCABが有利であると結論した。

## 3. 当院におけるc-rSO<sub>2</sub>監視の目的及びOPCAB循環管理のコンセプト

当院におけるOPCABの循環管理のコンセプトは、心脱転までにCO及びDO<sub>2</sub>をその心臓が持つパフォーマンスの最大近くにまで高め、脱転によるCO/DO<sub>2</sub>低下後にも麻酔導入前のベースライン値以上を維持することである（図1, 2）。このゴールを達成するために、麻酔導入時から血管内脱水や麻酔に起因する血管拡張に見合う血管内容量の補充を積極的に行うとともに、特に術前より収縮性の低下している場合には収縮性改善を目的に低用量から中等量のカテコラミン補助を行う。さらに、積極的な輸液に伴う血液希釈でCO増加の割にDO<sub>2</sub>が増加しなければ、赤血球輸血を考慮する（図2）。血管内容量増加や心収縮改善により、ほぼ例外なくCOやSvO<sub>2</sub>は増加しプラトーを形成する（図2-4）。このプラトー相形成を達成することこそが最大近くのパフォーマンスを引き出すというゴールであり、COのプラトー形成後にSvO<sub>2</sub>のプラトー相が低下する場合にはヘモグロビン値を上げることとを考慮する（図2-4）。

CO/DO<sub>2</sub>の増加及び酸素需給バランスのプラスバランスへのシフトを把握するには、肺動脈カテーテル（PAC）によるCCO及びSvO<sub>2</sub>の監視が最も目的に合致する。しかし、全てのOPCAB症例にPACを適用するのは妥当とは言えない<sup>6)</sup>。前述したようにc-rSO<sub>2</sub>はSvO<sub>2</sub>、COやDO<sub>2</sub>と相関し、そのトレンドはよく一致する。従って、c-rSO<sub>2</sub>のトレンドを観察することでCO/DO<sub>2</sub>の推移を把握し、全身の酸素需給バランスを推測することが可能となる。当院では、c-rSO<sub>2</sub>値をガイドに上記のコンセプトに基づいた循環管理を行い、心脱転やグラフト吻合時に低下したCO/DO<sub>2</sub>がベースライン値を上回るよう、予め安全域を確保すること、その結果、循環虚脱を回避することに成功している。

□ 心筋/全身酸素需給バランス維持

□ DO<sub>2</sub>維持

心脱転⇒心充満/収縮↓⇒DO<sub>2</sub>↓/酸素需給↓

管理目標：DO<sub>2</sub>↑ = best performance of LV, optimal Hb

Monitoring

PAC: CO, SvO<sub>2</sub>

NIRS: c-rSO<sub>2</sub>

TEE: LV contraction, LV filling

図1 OPCAB: 循環管理コンセプト

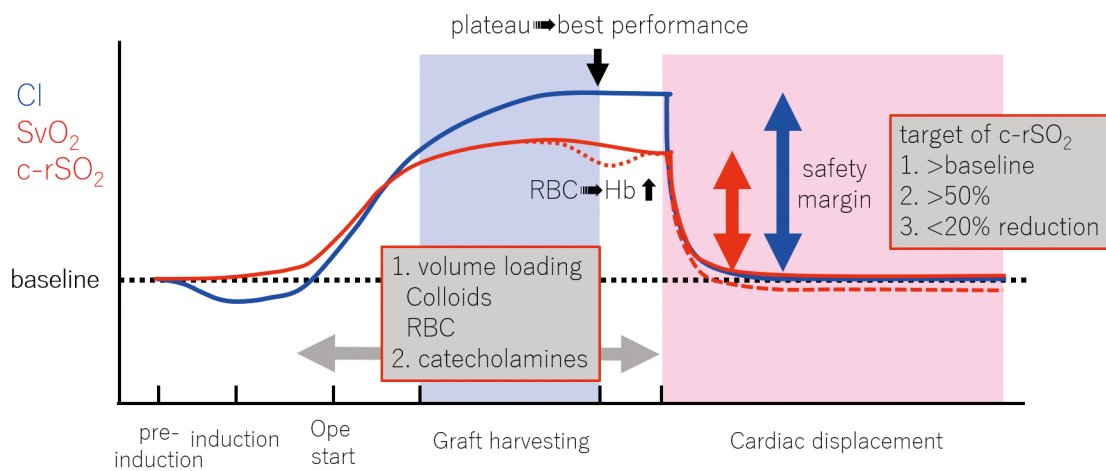


図2 OPCAB: 循環管理目標



図3 心脱転までのCCI/SvO<sub>2</sub>及びINVOS™によるc-rSO<sub>2</sub> trend  
CO/SvO<sub>2</sub>プラトー相形成を目指した管理

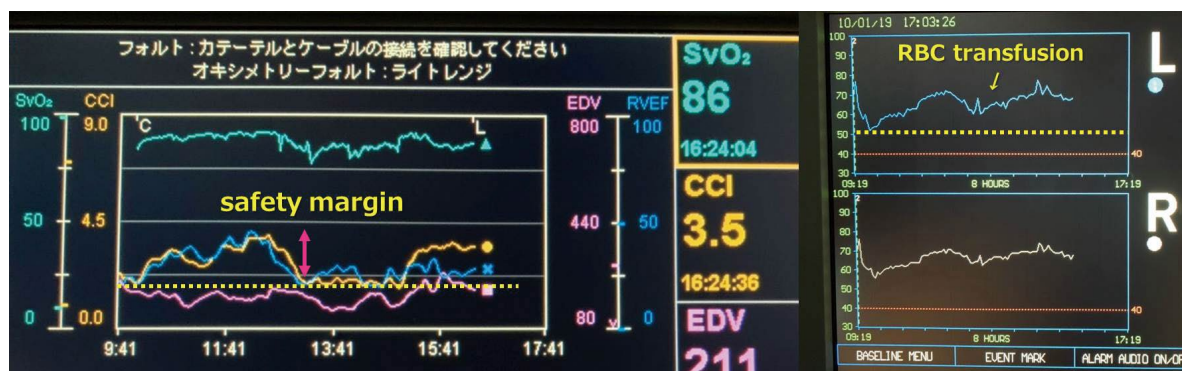


図4 OPCAB中のCCI/SvO<sub>2</sub>及びINVOS™によるc-rSO<sub>2</sub> trend  
safety margin確保と心脱転中のCCI/SvO<sub>2</sub>/c-rSO<sub>2</sub>最下点

#### 4. c-rSO<sub>2</sub>ガイドによるOPCAB循環管理の実際

当院におけるOPCAB術中の実際の循環動態の変動を呈示する。心脱転や吻合ポジション固定による血行動態悪化は明らかで、PACをモニターした場合（PAC+）には同時に有意なCO（対手術開始時：約30%）/SvO<sub>2</sub>（約10%）低下が検出され、全身酸素需給バランスも悪化した（図5）。しかし、この時点までにCO/DO<sub>2</sub>を高めて安全域を確保することで、c-rSO<sub>2</sub>は術中を通してベースライン値以上を維持出来た（図6）。PAC留置に先行して循環管理に介入するため、c-rSO<sub>2</sub>トレンドでも示されるようにCCO/SvO<sub>2</sub>はモニタリング開始時にはすでに麻酔導入前より上昇していたと推測される。従って、CCO/SvO<sub>2</sub>も心脱転後の最下点においてもベースライン値以上を維持するという

循環管理のゴールを概ね達成出来ていたと考えられる。

慣れるとPACをモニターしない場合（PAC-）においても、c-rSO<sub>2</sub>値をガイドにこの循環管理は可能になる。c-rSO<sub>2</sub>の動向からCO/DO<sub>2</sub>がプラトーを形成する感覚を掴むことがコツと言える。実際にPAC-群においても、c-rSO<sub>2</sub>は術中を通してベースライン値を維持出来ていた（図7）。さらに個々の症例について見ると、c-rSO<sub>2</sub>ベースライン値60%未満のケース（PAC+群3例，PAC-群5例）では循環管理介入に伴う改善幅が大きい傾向にあり、全例で心脱転後最下点でもベースライン値を上回ること成功した。

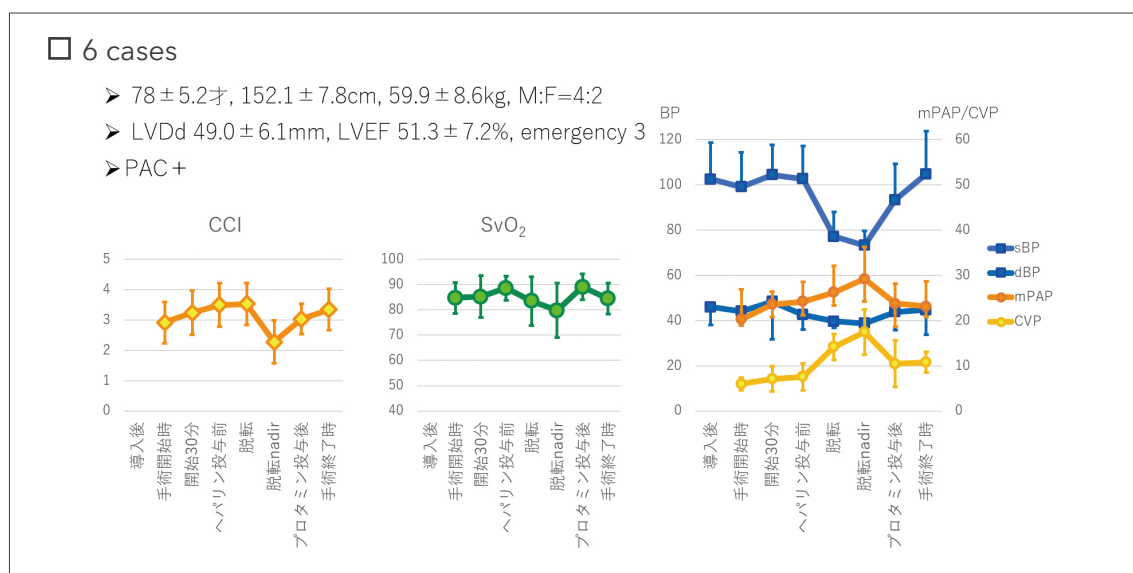


図5 OPCAB術中、PAC+群7例の血行動態（BP・PAP・CVP）推移  
（データ取得期間：2019年1月10日～2019年10月1日）

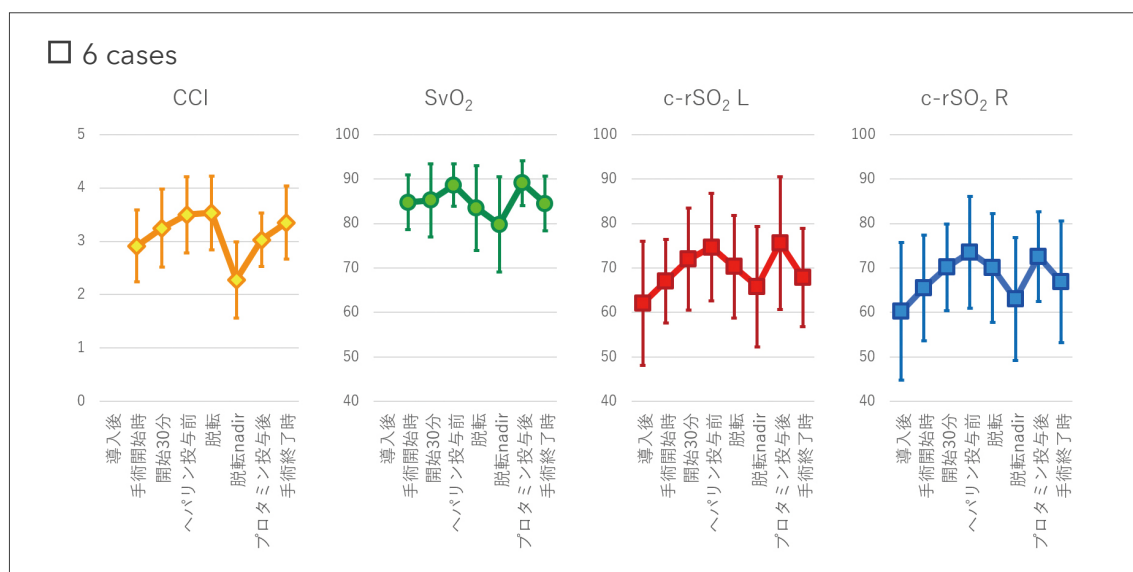


図6 図5の同6例におけるINVOS™によるc-rSO<sub>2</sub>推移



## □ 13 cases

- $65 \pm 12.7$ 才,  $164.1 \pm 6.9$ cm,  $68.6 \pm 13.2$ kg, M:F=11:2
- LVDd  $49.2 \pm 5.4$ mm, LVEF  $54.7 \pm 4.6\%$ , emergency 0
- PAC-

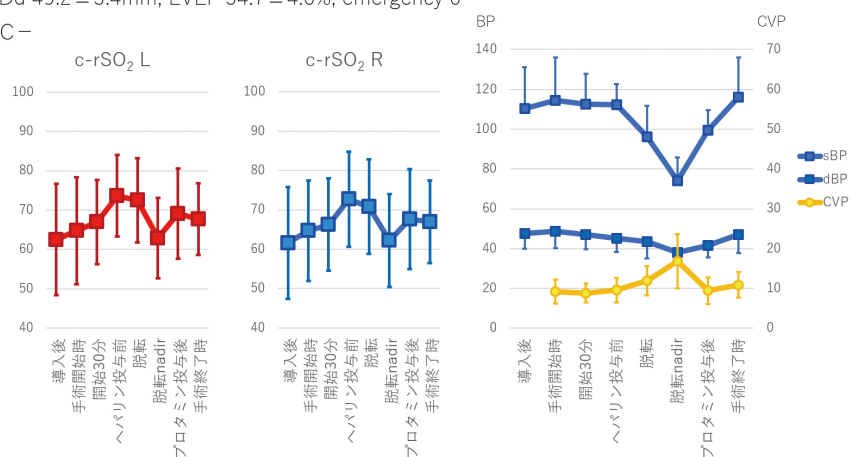


図7 OPCAB術中、PAC一群13例のINVOS™によるc-rSO<sub>2</sub>推移  
(データ取得期間:2019年1月10日~2019年7月24日)

## 5. OPCABにおけるc-rSO<sub>2</sub>測定の意味

OPCABにおける心脱転/吻合ポジション固定や心脱転中の循環管理の方針には施設間で差があるが、c-rSO<sub>2</sub>トレンドをガイドにCO/DO<sub>2</sub>の最大化を意識した循環管理を行うことで、心脱転中も安静時のCO/DO<sub>2</sub>を上回り、酸素需給バランスをプラスに維持することが可能になる。

\* 本稿のデータは2020年8月に解析を行い、同年開催された日本心臓血管麻酔学会 第25回学術大会で著者が報告したものである。



## Reference

- 1). 日本心臓血管麻酔学会. 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 2017.  
[cited 2021/01/20]<http://www.jscva.org/uploads/userfiles/files/NIRS使用指針【最終】.pdf>
- 2). Scott JP, et al. Paediatr Anaesth. 2014;24(1):74-88. PMID:24267637
- 3). Tortoriello TA, et al. Paediatr Anaesth. 2005;15(6):495-503. PMID:15910351
- 4). Li J, et al. J Thorac Cardiovasc Surg. 2008;135(1):83-90, e1-2. PMID:18179923
- 5). Ueno T, et al. Jpn J Thorac Cardiovasc Surg. 2005;53(3):138-42. PMID:15828293
- 6). 日本心臓血管外科学会・日本心臓血管麻酔学会合同ステートメント作成委員会. 心臓手術時の肺動脈カテーテル使用に関するステートメント 2020.  
[cited 2021/01/20]. <https://plaza.umin.ac.jp/~jscvs/wordpress/wp-content/uploads/2020/02/statement.pdf>.

販売名	ビジランスヘモダイナミックモニター
医療機器承認番号	21700BZY00257
製造販売元	エドワーズライフサイエンス株式会社
販売名	INVOS 5100C システム
医療機器承認番号	30100BZX00181000
製造販売元	コヴィディエンジャパン株式会社

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](http://medtronic.co.jp)