開心術後の $S\bar{v}O_2$ モニタリングの検討

尾崎 直 蔵田英志* 近藤治郎 松本昭彦

混合静脈血($S\bar{v}O_2$)を連続モニターできる肺動脈カテーテル(Oxymetry 93A-741-7.5F)を留置し SAT-2 を用いてモニタリングすることにより心係数 (CI), 血中ヘモグロビン量 (Hb) のモニターの代用となりうるかどうか開心術 21 例について検討した。術直後の Hb と $S\bar{v}O_2$ とは $r=0.513$ ($p<0.05$) の低い相関があった。 $S\bar{v}O_2$ と心機能の指標である肺動脈楔入圧, CI とは相関はなかった。Hb が 10~13 g/dl において $S\bar{v}O_2$ が 60%未満の症例は CI が 2.47 l/min/m^2 と 60%以上と比較して有意に低値 ($p<0.01$) であった。Hb が 10 g/dl 未満で心機能が正常 ($2.5 \leq CI \leq 4.0 \text{ l/min/m}^2$) の症例では $S\bar{v}O_2$ が 60%未満の症例においては Hb が 7.40 g/dl と 60%以上の症例より有意に低値 ($p<0.01$) であった。以上より $S\bar{v}O_2$ が 60%以下のとき、心機能の低下あるいは高度貧血があると思われた。日心外会誌 25 巻 3 号: 152-157 (1996)

Keywords: 混合静脈血酸素飽和度, 血中ヘモグロビン量, 心係数, 高度貧血, 心機能低下

Assessment of $S\bar{v}O_2$ Monitoring after Open Heart Surgery

Tadashi Ozaki, Hideshi Kurata*, Jiro Kondo and Akihiko Matsumoto (First Department of Surgery, Yokohama City University School of Medicine, Yokohama, Japan and Department of Thoracic Surgery, Yokohama Municipal Citizen's Hospital*, Yokohama, Japan)

A Pulmonary arterial flow-directed catheter (Oxymetry 93A-741-7.5F), combining the fiberoptic reflectometric system of continuous measurement of mixed venous blood oxygen saturation ($S\bar{v}O_2$) was used for hemodynamic measurements including thermodilution cardiac output estimation and hemoglobin value in 21 cases of open heart surgery. Immediately after open heart surgery there was low correlation between Hb (hemoglobin value) and $S\bar{v}O_2$ ($r=0.513$, $p<0.05$). However there was no correlation between $S\bar{v}O_2$ and cardiac function (pulmonary capillary wedge pressure and cardiac index). With almost normal Hb (10-13 g/dl) the average cardiac index (CI) in cases of $S\bar{v}O_2$ less than 60% was 2.47 l/min/m^2 which was significantly lower than those with $S\bar{v}O_2$ more than 60% ($p<0.01$). With normal CI ($2.5-4.0 \text{ l/min/m}^2$) the average Hb in cases of $S\bar{v}O_2$ less than 60% was 7.40 g/dl which was significantly lower than those of more than 60% ($p<0.01$). This study suggested that there is low cardiac function or severe anemia in the state of $S\bar{v}O_2$ less than 60%. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 25 :152-157 (1996)

開心術後の管理において動脈血酸素飽和度 (SaO_2), 心係数 (CI), 血中ヘモグロビン量 (Hb) を知ることは非常に重要である。 SaO_2 はパルスオキシメータによりリアルタイムに連続モニターが可能であるが, CI, Hb は冷却水注入, 採血等の処置が必要であり, リアルタイムに情報を得ることは困難である。そこで今回, 混合静脈血酸素飽和度 ($S\bar{v}O_2$) を連続モニターできる肺動脈カテーテル (Oxymetry 93A-741-7.5F) を留置し Baxter 社の心拍出量コンピュータである SAT-2 を用いて

モニタリングすることにより CI, Hb のモニターの代用となりうるかどうかを検討した。

対象と方法

まず Oxymetry と SAT-2 の信頼性について検討した。4 例において術後 7 日間に 53 回の混合静脈血を採取し, その時の $S\bar{v}O_2$ 値を Oxymetry の $S\bar{v}O_2$ と比較した。これと同時に橈骨動脈より採血し動脈血ガス分析を行い SaO_2 を測定し PULSE OXYMETER MODEL 4500 を用いて SaO_2 を比較した。血液ガス分析は CIBA CORNING 社の BLOOD GAS SYSTEM にて行った。次に開心術 21 例 (男性 14 例, 女性 7 例) において術中より術後 7 日までの間, Oxymetry により連続的に

1995 年 2 月 3 日受付, 1995 年 7 月 12 日採用
横浜市立大学第 1 外科 〒236 横浜市金沢区福浦 3-9

* 横浜市立市民病院胸部外科

本論文の要旨は, 第 23 回日本心臓血管外科学会学術総会 (1993 年 3 月, 福岡) において発表した。

$S\bar{v}O_2$ のモニタリングを行い同時期の CI, 肺動脈楔入圧(PCWP), 血液ガス分析による Hb を測定し比較検討した. CI の測定は 0°C 5% グルコースを右房に注入し熱希釈法で行った. $S\bar{v}O_2$ は $S\bar{v}O_2 = SaO_2 - \dot{V}O_2 / CO \times Hb \times 13.8$ (CO : 心拍出量, $\dot{V}O_2$: 酸素消費量) の計算式で求めた. そのため SaO_2 はパルスオキシメータを指標にして 97~100% に維持した. $\dot{V}O_2$ に影響を与える因子を除外するために体温 (直腸温) が 36~37.7°C の症例を対象とした. また CI に影響を与えないため呼吸状態が安定し不穏状態でない時を選択した.

結 果

1. a) 肺動脈から採血した血液の $S\bar{v}O_2$ 値と OXYMETRY SYSTEM より得られた $S\bar{v}O_2$ 値の関係 ($n=53$)

図 1 の左のように $Y=1.03X-2.92$, $r=0.68$ ($p<0.01$) の有意の相関が認められた. SAT-2 の精度については諸家の報告では相関係数が 0.85~0.9 の高い相関が得られているが, 測定方法の違いによるものでやや低い相関になった.

b) 混合静脈血ガスの分析の $S\bar{v}O_2$ と Oxymetry から得られた $S\bar{v}O_2$ の比較 ($n=53$)

図 1 の右のように混合静脈血ガス分析の $S\bar{v}O_2$ の平均値は $71.99 \pm 4.80\%$ で Oxymetry から得ら

れた $S\bar{v}O_2$ の平均値で $71.40 \pm 7.24\%$ の間に有意差は認められなかった.

2. a) 末梢動脈血の SaO_2 と PULSE OXYMETER の SaO_2 の関係 ($n=53$)

図 2 の左のように $Y=0.736X+25.76$, $r=0.554$ ($p<0.01$) の有意の相関が認められた.

b) 末梢動脈血と PULSE OXYMETER との SaO_2 の比較 ($n=53$)

図 2 の右に示すように動脈血の SaO_2 の平均値は $98.56 \pm 0.70\%$ に対し PULSE OXYMETER の平均値は $98.23 \pm 0.93\%$ で動脈血のほうが有意に高値 ($p<0.05$) を示すが, 1% 未満の差であり PULSE OXYMETER で代用できうと思われた.

3. 術直後の CI と $S\bar{v}O_2$, Hb と $S\bar{v}O_2$ の関係 ($n=19$)

図 3 の左は術直後の体温が 36°C 未満の 19 例の CI と $S\bar{v}O_2$ の関係を示したものである. Hb が 10 g/dl 未満を open circle で 10 g/dl 以上を closed circle で示すが CI と $S\bar{v}O_2$ とは相関は認めなかった.

図 3 の右は術直後の体温が 36°C 未満の 19 例の Hb と $S\bar{v}O_2$ の関係を示したものである. CI が 2.5 l/min/m² 未満を open circle で, 2.5 l/min/m² 以上を closed circle で示すが, Hb と $S\bar{v}O_2$ とは $r=0.513$ ($p<0.05$) と低い相関が認められた. これより術直後は $S\bar{v}O_2$ にはヘモグロビン量が多

図 1

肺動脈から採血した血液の $S\bar{v}O_2$ 値と OXYMETRY SYSTEM より得られた $S\bar{v}O_2$ とは $r=0.63$ ($p<0.01$) の有意の相関が認められた(左). 混合静脈血と OXYMETRY との $S\bar{v}O_2$ 値は両者に有意差はなかった(右).

図 2

採血による実測値の SaO_2 値と PULSE OXYMETER による SaO_2 値とは $r = 0.554$ ($p < 0.01$) の相関を認めた(左). 動脈血の SaO_2 が有意に PULSE OXYMETER の SaO_2 より高値を示した(右).

図 3

CI と $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ とは相関は認められなかった(左). Hb と $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ は $r = 0.513$ ($p < 0.05$) の低い相関を認めた(右).

少影響するものと思われた.

4. $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ と心機能の関係

肺動脈楔入圧(PCWP)と $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ の関係はヘモグロビン量の影響が少なくなるように $10 \sim 13 \text{ g/dl}$ の症例で検討した. 図4のごとく PCWP と $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ は有意の相関を示さなかった. 心係数(CI)と $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ の関係も同様の条件で比較してみた. これも同様に相関を認めなかった(図5). 以上より $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ が血行動態と相関を認められないため, ヘモグロビン量の影響が少なくなるように Hb が $10 \sim 13 \text{ g/dl}$ の症例を選び $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ が 60%未満の群

と 60%以上の群に分けて CI を比較した.

5. $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ が 60%未満と 60%以上との CI の比較 ($10.0 \leq \text{Hb} \leq 13.0$)

図6のように $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ が 60%未満 ($55.7 \pm 4.1\%$) の群 (6例) の CI は $2.47 \pm 0.54 \text{ l/min/m}^2$, 60%以上の群 (22例) の CI は $3.15 \pm 0.56 \text{ l/min/m}^2$ で $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ が 60%未満の症例で CI が有意に低値であった ($p < 0.01$).

6. 貧血 ($\text{Hb} < 10 \text{ g/dl}$) があり心機能が正常な ($2.5 \leq \text{CI} \leq 4.0 \text{ l/min/m}^2$) 症例の比較

$\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ が 60%未満 ($55.8 \pm 1.7\%$) の Hb は

図 4

PCWP と $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ とは相関は認められなかった。
 $97 \leq \text{SaO}_2 \leq 100\%$, $10 \leq \text{Hb} \leq 13 \text{ g/dl}$, $36.0 \leq \text{BT} \leq 37.7^\circ\text{C}$.

図 6

$\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2 \geq 60\%$ の CI が有意 ($p < 0.01$) に高値を示した。

図 5

CI と $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ との相関は認められなかった。
 $97 \leq \text{SaO}_2 \leq 100\%$, $10 \leq \text{Hb} \leq 13 \text{ g/dl}$, $36.0 \leq \text{BT} \leq 37.7^\circ\text{C}$.

図 7

$\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2 \geq 60\%$ の Hb が有意 ($p < 0.01$) に高値を示した。

$7.40 \pm 1.64 \text{ g/dl}$, $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ が 60% 以上の Hb は $8.90 \pm 0.90 \text{ g/dl}$ と $\text{S}\bar{\text{v}}\text{O}_2$ が 60% 未満の症例が有意に低値を示し ($p < 0.01$), 高度貧血が関与していた (図 7)。

考 察

1968 年 Goldman ら¹⁾, 1970 年 Hutter ら²⁾が中心静脈血酸素飽和度の, 1970 年 Muir³⁾らが混合静脈血酸素飽和度の測定は急性心筋梗塞の循環動態の把握に有用であると報告した。これらを酸素飽和度は中心静脈血あるいは混合静脈血の pH と PO_2 から算出していた。本研究に使用した Oxymetry 93A-741-7.5F (Edwards 社) は 3 種類の波長の光の反射を利用して酸素飽和度を測定する装置で使用した心拍出力コンピュータは Baxter 製モデル SAT-2 である。SvO₂ (SAT-2) は実測値の SaO₂ (ABL3000) と $r=0.975$ の正の相関係数にあり精度は高いとされている。当施設で行った肺動脈からの採血による SvO₂ は測定方法が異なるため再現性は低いものの $r=0.68$ ($p<0.01$) の相関が得られた。SvO₂ は生体における酸素の需要と供給のバランスを総合的に反映し、その変動は循環、呼吸および代謝系の影響を大きく受ける。さらに開心術における血中ヘモグロビン量、体温の変化にも影響を与える。心筋梗塞の急性期の症例では循環系の変動がきわめて大であるため、肺でのガス交換に問題はなく、ヘモグロビン濃度 (Hb) も急に変化しない状態であるため、SvO₂ と CO との間に高い相関があるとされている^{4,5)}。しかし、開心術後は体外循環の影響による体温の低下のため、術直後は酸素消費量が低下している。また Hb の低下により SvO₂ のばらつきが出てくる。そのため術直後の体温が 36°C 未満で Hb を 10 g/dl で分けて CI の関係をみたが相関は認めなかった。しかし術直後の体温が 36°C 未満での SvO₂ と Hb との関係は低いながらも正の相関が認められた。これより Hb が直接 SvO₂ を反映するとは必ずしも言えないが、SvO₂ は術後の出血による Hb の変動を多少は示すものと思われた。術後は体温の影響がないように 36.0~37.7°C (直腸温) で Hb が 10~13 g/dl の症例の SvO₂ と心機能との関係を検討してみた。SvO₂ と肺動脈楔入圧 (PCWP)、心係数 (CI) とは相関は認められなかった。簡ら⁵⁾によると Forrester の報告⁶⁾に従って PCWP 18 mmHg, CI 2.2 l/min/m² の時の SvO₂ 値を算出したところ SvO₂ が 60%以上の

時はポンプ機能はよく保たれていると報告している。Baele ら⁷⁾も SvO₂ が 60%以上に維持する必要があると報告している。そこで SvO₂ が 60%未満と 60%以上で分けて CI を比較してみたところ、60%未満での CI は 2.47 l/min/m², 60%以上の CI は 3.15 l/min/m² と 60%未満で CI が有意に低値を示しており、この場合、カテコーラミン投与、輸液など何らかの循環管理を要した。さらに心機能が正常な ($2.5 \leq CI \leq 4.0$ l/min/m²) の症例で Hb が 10 g/dl 未満の時に、SvO₂ を 60%未満と 60%以上で分けて検討した。SvO₂ が 60%未満の Hb は 7.40 g/dl, 60%以上の Hb は 8.90 g/dl と SvO₂ が 60%未満の症例で有意に低い Hb を示した。

この機種は CI との相関をみる上では限界があると思われた。しかし、SvO₂ が 60%以下となった場合は CI あるいは Hb が有意に低下していることが多く、一つの指標になるものと思われる。この研究の後に心拍出力の連続モニター (CCO) が登場し、さらに心機能をリアルタイムに把握できるようになった。

ま と め

Oxymetry による SvO₂ 連続モニタリングを検討した。SaO₂ が 97%以上ある場合、SvO₂ が 60%以下の時は心機能低下にあるいは高度貧血があると思われ直ちに処置を講じる必要があると思われた。

文 献

- 1) Goldman, R. H., Klughaupt, M., Metcalf, T. et al.: Measurement of central venous oxygen saturation in patients with myocardial infarction. *Circulation* **38**: 941-946, 1968.
- 2) Hutter, A. M. J. and Moss, A. J.: Value of serial determinations in patients with acute myocardial infarction. *JAMA* **212**: 299-303, 1970.
- 3) Muir, A. L., Kirby, B. J., King, A. J. et al.: Mixed venous oxygen saturation in relation to cardiac output in myocardial infarction. *Br. Med. J.* **4**: 276-278, 1970.
- 4) 桑原正知, 公文啓二, 平田隆彦ほか: 混合静脈血酸素飽和度 (SvO₂) 連続モニタリングによる開心術後管理. *胸部外科* **39**: 686-689, 1986.

- 5) 簡 慶輝, 肥田敏比古, 鈴木智之ほか：心筋梗塞急性期における $S\bar{v}O_2$ モニタリングの臨床的意義—心機能と Dobutamine, Dopamine, Nitroglycerin の薬剤効果—。ICU と CCU **12**: 765-774, 1988.
- 6) Forrester, J. S., Diamond, G. A. and Swan, H. J. C.: Correlative classification of clinical and hemodynamic function after acute myocardial infarction. Am. J. Cardiol. **39**: 137-145, 1977.
- 7) Baele, P. L., McMichan, J. C., Marsh, H. M. et al.: Continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation in critically ill patients. Anesth Analg. **61**: 513-517, 1982.