



麻酔科医の実は…

続

Dr. さぬきが こっそり聞き出す

“モニタリングの” ホンネ

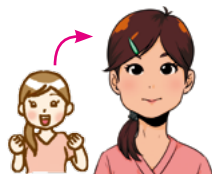
第6話 パルスオキシメータは、まだまだ奥が深い！

今回はオペナーシング 33 巻 6 月号の **手術室モニタートラブルドキュメント事件簿** から派生した、胸骨圧迫とパルスオキシメータの関連性や、パルスオキシメータに秘められたさらなる機能について、マンガから抜出した看護師や麻酔科医が座談会！



麻酔科医

はじめ (29 歳)
麻酔科の専門医を目指して修行中。新しい研修医の「たける」を引き連れて、手術室で大活躍！



オペナース

かすみ (24 歳)
オペ室 3 年目で、今年から新人のみずきを指導することにおっちょこちょいなので失敗することもある。



先輩ナース

さくら先輩 (5 年目 27 歳)
オペ室 5 年目。プリセプターを経て、中堅ナースとして最前線でもバリバリ活躍中。



先輩ナース

すみれ先輩 (12 年目 34 歳)
1 年前に、念願の手術看護認定看護師を取得。来年の学会で発表する研究の仕込み中。



特別ゲスト：ICU 看護師

はづき (12 年目 34 歳)
すみれと同期の ICU 主任看護師。教育担当として、日々業務を覚えやすくする方法を考え中。



さぬちゃん：かすみさん、手術室の心停止で胸骨圧迫したときに、はじめ先生に差をつけられて悔しかったですね。

かすみ：はい。はじめ先生が胸骨圧迫をすると、パルスオキシメータの波形や数値が表示されるのに、私がやると表示されないんです。

はじめ：そうだったね。まあ、胸骨圧迫の経験数が違いますから、仕方ないですよ。

かすみ：まさか、パルスオキシメータで拍動が検知できるとは知りませんでした。

さぬちゃん：いつも表示されるわけではないんですが、胸骨圧迫のうまい・へたの判定に使えることもありますね。条件がよくなければ、うまい人が胸骨圧迫をやっても表示されませんね。

すみれ：パルスオキシメータは胸骨圧迫のうまさを判定する指標にはならないということですか。

さぬちゃん：よい質問ですね。はじめ先生、説明してあげて。

はじめ：はい。パルスオキシメータに波形が表示されるのは、脈が末梢血管（パルスオキシメータの装着箇所）で感知できるかを必ず示しているのではなくて、揺れが規則的に起きているからです。動脈の拍動ではなく、身体の揺れを拾っている可能性もあります。また、血流があったとしても十分ではないので SpO₂ 値が低く表示されている可能性もあります。ただ、SpO₂ プローブを着けて胸骨圧迫を続けていると、



司会

讃岐美智義

広島大学病院麻酔科講師。愛称はさぬちゃん先生。難しいこともさぬちゃんマジックで易しくなる！

心拍再開時に自己脈が出始めたことをとらえられる可能性がありますね。このような使い方は有用ですね。

さくら：そうだったんですか？ じゃあ、必ずしもかすみさんがうまく胸骨圧迫ができなくて波形が出なかったわけではないんですね。



すみれ：パルスオキシメータの波形が心拍再開の検出に役立つなんて、知りませんでした。普段からパルスオキシメータを脈拍の検出に利用することを考えないといけませんね。SpO₂ 値だけしか利用していないのは、パルスオキシメータの能力の半分しか使えていないことになるのですね。

さめちゃん：そうだね。パルスオキシメータには、SpO₂ 以外に、脈のふれ具合を表示するPIがありますね（オペナーシング6月号の連載「じっくりモニター話」p.73参照）。パルスオキシメータ=パルス（脈拍のふれ：PI）+オキシメータ（SpO₂）と考えればいいね。



はづき：パルスオキシメータで脈のふれを見ることができるとすれば、ICUの動脈ラインで表示されているSVVとかPPVとかは見られないんですか？

はじめ：はづきさん、鋭いですね。

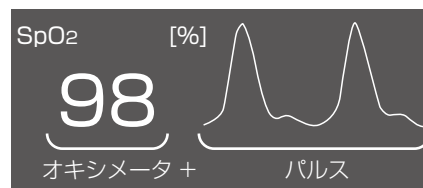
かすみ：SVV……？

すみれ：PPV……？

さめちゃん：そうだね。SVV (stroke volume variation : 1 回拍出量変動) と PPV (pulse pressure variation : 脈圧変動) というのは、人工呼吸中に輸液不足になったり出血したりすると、動脈ラインの波形が揺れる現象を数値で表したものだね (図1)。パルスオキシメータの波形も、動脈ラインの波形も同じ形だから、SVV や PPV がわかるのではないかというのがはづきさんの考えだね。はじめ先生、説明して。

はじめ：パルスオキシメータの波形も、人工呼吸の吸気と呼気で揺らぎ (変動) します。この変動の割合を数値で表示したものを PVI (pleth variability index : 脈波変動指数) といいます。SVV や PPV と同じ現象を利用しています。

揺らぎの理由を図1で説明します。胸腔内をイメージしてみてください。肋骨と背骨に囲まれた胸腔 (胸郭) には肺と心臓と心臓に帰ってくる上大静脈、下大静脈、大動脈 (弓) があります。人工呼吸では吸気で肺が大きく膨らみ、呼気で肺はしぼみます。吸気で肺が大きく膨らむと胸郭も大きくなりますが、骨に囲まれているために限界があります。そのため、人工呼吸では、吸気で肺に圧がかかり大きく膨らむと、心臓や血管が少し押しつぶされます。特に静脈は軟らかいので吸気で圧迫されやすく、吸気時には大動脈内の血液は心臓に戻りにくくなります。逆に呼気時には肺がしぼむので、静脈側にたまっていた血液は心臓に一気に帰ります。それを動脈波形として観察すると、吸気時の血液の帰りが少ないのが少し遅れて呼気時に現れます。呼気時には、吸気時の静脈側の血液の帰りの悪さを反映して動脈波形が小さくなります。吸気時には、呼気時の静脈側の血液の帰りのよさを反映して動脈波形が大きくなります。その、動脈波形の大きさが吸気と呼気でどのくらい揺らぐ (変動する) かを % で表したものが SVV、PPV、PVI です。SVV は動脈波形の面積の比較で、PPV と PVI は脈圧 (脈



パルスオキシメータ=パルス (脈拍のふれ：PI) + オキシメータ (SpO₂)



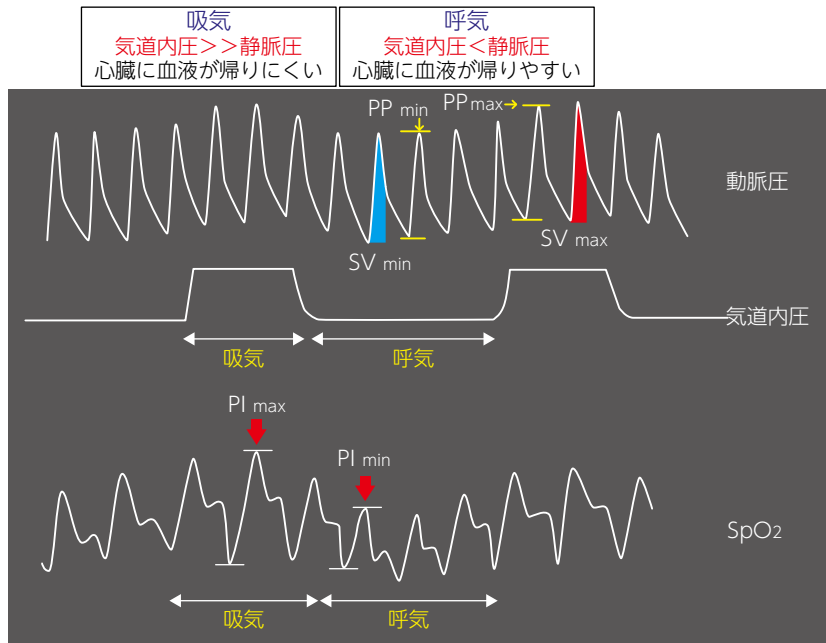


図1 動脈ラインやパルスオキシメータが人工呼吸で揺らく理由

波形の高さ)の比較です。血管内の血液容量が少ないと、静脈のつぶれやすさ、戻りやすさの程度は大きくなります。ですから、この数値が15%程度よりも大きくなると、かなり血管内容量が少ないこと(脱水、輸液不足、出血など)が疑われます。

さぬちゃん：そうだね。はじめ先生、説明がうまくなったね！

はじめ：へへ(てれてれ)。

はづき：ということは、PVIで輸液を入れるかどうかを判断できるのですね。

さぬちゃん：血管が拡張しすぎたときにも相対的に血管内容量が少なくなりますから、SVV、PPV、PVIにも影響が出るので、常に信じるわけにはいかないけれど、参考にはなるね。

はづき：あー、そういうことですね。わかりましたー。

すみれ：パルスオキシメータ、奥が深いですね。

かすみ：ほかに、パルスオキシメータのすごい機能はないのですか。



はじめ：まだ、ありません。

さぬちゃん：パルスオキシメータでヘモグロビンが測定できるやつね。はじめ先生、説明して。

はじめ：えっへん。えーと。

かすみ：今日は、なんか“小〇方はじめ先生の独演会”ですね。

すみれ：私は好きだけど。

さくら：わたしも聞きたーい。

はじめ：それはー。

かすみ：それは、なんですか。



はじめ：それは……えーと。えーと。名前忘れた……。
 かすみ：えー。知ってるんじゃないの？
 はじめ：なんていう名前だったか忘れただけで、仕組みは知ってるよ。
 さぬちゃん：エスピーヘモグロビン エスピーオーシーそうですね。SpHbとSpOCという名前だね。はじめ先生、説明して。
 はじめ：そうです、それぞれ。パルスオキシメータでヘモグロビン濃度を測定できる機能です。SpHbは、パルスオキシメータにヘモグロビン値（推定値）が、SpOCはO₂ content（酸素含量）が表示されます（図2）。



図2 SpHbとSpOCのモニター表示（マシモジャパン株式会社より提供）

かすみ：SpHbって、採血をしなくてもヘモグロビン値がわかるのですか。
 はじめ：そうですね。
 さくら：それは、すごい。
 はじめ：ヘモグロビンを直接測定しているわけではなく、パルスオキシメータの光で特殊なヘモグロビンの吸光度（光の吸収具合）を使って推定しています（図3）。RHbというのが恐らくそれです。
 かすみ：ところで、O₂ content（酸素含量）ってなんですか。
 はじめ：えーっと…



さぬちゃん：オペナーシングの連載『じっくりしっかりモニターばなし』（2018年6月号のp.75）にも書かれています。SpO₂が同じでも、貧血になると酸素を運搬する車に相当するヘモグロビンが少なくなるのですから、末梢組織には酸素が行き渡らなくなります。そこで、SpO₂だけでなく、ヘモグロビン濃度が下がっていないかどうかを監視することが大切です。酸素含量というのは、酸素飽和度SpO₂とヘモグロビンの両方を加味した指標です。1mLあたりの血液がどのくらい酸素を運ぶ能力があるかということです。

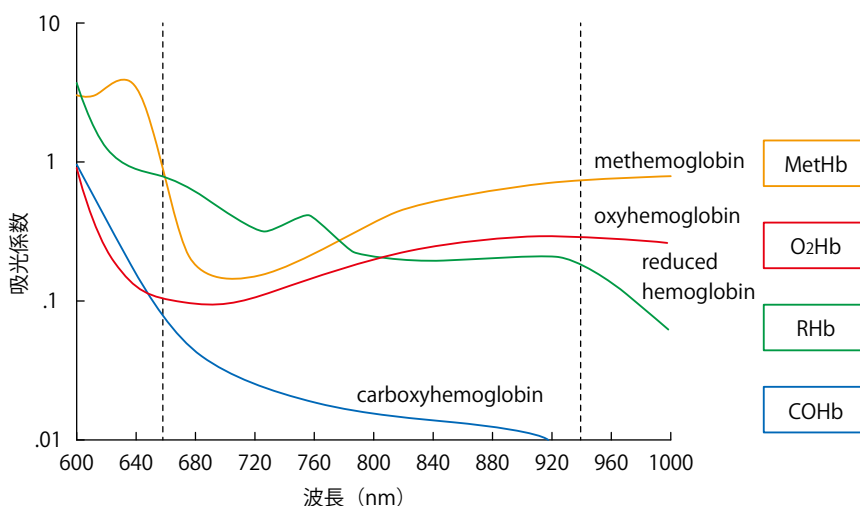


図3 各ヘモグロビンの吸光特性（マシモジャパン株式会社より提供）

MetHb：メトヘモグロビン、O₂Hb：オキシヘモグロビン、RHb：脱酸化ヘモグロビン、COHb：カルボキシヘモグロビン

すみれ：そうだったんですね。ヘモグロビンが下がれば、酸素も運べなくなりますよね。

さくら：以前、計算式で説明してくれたと思いますが、酸素含量の計算をもう一度聞きたいです。

さぬちゃん：動脈血酸素含量の式は $CaO_2 \text{ (mL/dL)} = 1.34 \times Hb \times SpO_2/100 + PaO_2 \times 0.003$ ですが、+より前の部分が『ヘモグロビンにくっついて運ばれる酸素』、+より後ろの部分が『血液中に溶解している酸素』を表しています。たとえば、 $Hb=10$ 、 $SpO_2=100$ 、 $PaO_2=500$ (100% 酸素吸入時の PaO_2 正常値) を代入してみると、 $CaO_2=13.4 + 1.5$ となり、ヘモグロビンについて運ばれる酸素が溶解している酸素の約 10 倍あります。ヘモグロビンについている酸素の役割がわかりますね。ヘモグロビンが半分になれば、 $13.4 \rightarrow 6.7$ となりますから、 $CaO_2=6.7+1.5 = 8.2$ です。



はづき：動脈血酸素含量 CaO_2 からわかることは、ヘモグロビンが正常に保たれているかどうか。つまり、 SpO_2 で酸素含量がわかるのですね。

かすみ：ところで、 $SpHb$ はヘモグロビンを測定しているのではなく、推定しているとすれば、どのくらい正確なんですか？

はじめ：鋭いですね。 $SpHb$ の推定値の保証範囲は $8 \sim 17 \text{ g/dL} (\pm 1 \text{ g/dL})$ とされています。

かすみ：かなり正確なんですね。

すみれ：パルスオキシメータ SpO_2 は、やっぱり奥が深いんですね。

さくら：今回もよい勉強になりました。

さぬちゃん：では、今月はこの辺で。



■引用・参考文献

- 1) 白石義人. 周術期モニタリング. 日本臨床麻酔学会誌. 31 (4), 2011, 660-8.
- 2) 脈波変動指標 (PVI). マシモジャパン株式会社. <http://www.masimo.co.jp/pvi/index.htm> (2019年5月10日閲覧)
- 3) Adel, A. et al. Accuracy and trending of non-invasive hemoglobin measurement during different volume and perfusion statuses. J Clin Monit Comput. 2018. doi: 10.1007/s10877-018-0101-z. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10877-018-0101-z> (2019年5月10日閲覧)

オペナーシング 33 巻 6 号の おぼろげな さぬちゃん先生レクチャー! じっくりじっくり 電子 ばなし では、パルスオキシメータのモニター画面から読み取れること、 SpO_2 と PO_2 のカンケイや低酸素血症を見逃さないためのポイントなどを押さえました。しっかり読んでモニタリングへの理解をぐぐっと深めましょう!