

●短 報●

心肺蘇生後にパルスオキシメータで SaO₂ の危機的低下を検出できなかったチアノーゼ心疾患に伴う低酸素血症の 1 例奥田菜緒¹⁾・竹内宗之²⁾・稲田 雄²⁾・清水義之²⁾・簗智武志²⁾キーワード：SpO₂、動脈血液ガス、パルスオキシメータ、低酸素血症

I. はじめに

ICU では酸素飽和度のモニタリングが欠かせないが、小児では SaO₂ の代わりに SpO₂ を酸素化の指標とすることが多い。しかし今回、心肺蘇生を契機に突然 SaO₂ と SpO₂ が乖離し、パルスオキシメータでとらえることのできなかった危機的な低酸素血症を経験したので報告する。

II. 症 例

10 カ月、女児。

既往歴：両大血管右室起始症、大動脈縮窄。2 カ月時 Norwood 手術、10 カ月時 Glenn 手術を施行。

現病歴：急性腸炎による脱水とそれに伴い SpO₂ が 30 % 台と低酸素血症となったため ICU に入室した。人工呼吸管理、輸液加療で SpO₂ は普段の 70 % 前後まで回復し循環動態も安定した。パルスオキシメータによる SpO₂ は動脈血液ガスの SaO₂ をよく反映し、誤差は数 % 以内だった。

入室 7 日目心房性頻脈を発症し低血圧となったため、約 2 分間の胸骨圧迫と除細動による心肺蘇生を行い循環動態は速やかに回復し、循環作動薬は必要としなかった。心肺蘇生後パルスオキシメータの波形は Fig. 1 に示すように安定した波形が表示されており SpO₂ は 60 ~ 70 % 台で蘇生前と同程度の値であったが、動脈血

ガス分析では SaO₂ 42.5% と著しい低酸素血症を示していた。パルスオキシメータ測定部位と動脈血液ガス測定は左上肢だった。全ての四肢で SpO₂ を測定したが、場所による差異は数 % 以内だった。SpO₂ と SaO₂ の差異は最大で 25% であったが、徐々に改善した。経過を図表に示す (Fig. 1・Table 1)。

当センターでは血液ガス測定機器は RADIOMETER ABL800 FLEX[®] (ラジオメーター、デンマーク) を用いており SaO₂ は実測値で、37℃ で温度補正を行っている。パルスオキシメータは通常 Nellcor N-600X[®] (コヴィディエン、米国) を用いているが、SpO₂ と SaO₂ が乖離した際に Masimo SET Radical-7[®] (Masimo、米国) と OLV-3100 オキシパル NEO[®] (日本光電工業、日本) でも測定した。Nellcor は 70%、Masimo は 61%、OLV-3100 は 54% といずれも動脈血液ガスの SaO₂ の 52.7% より高値を示した。

III. 考 察

普段から低酸素血症だが蘇生前には SpO₂ が SaO₂ を誤差数 % 以内で反映していた症例において、心肺蘇生後にパルスオキシメータでとらえることのできなかった危機的な低酸素血症を経験した。

パルスオキシメータは低酸素血症では測定誤差が大きくなる。Nellcor N-600X[®] は測定精度の保証される範囲が 70 ~ 100%、Masimo SET Radical-7[®] では SaO₂ が 60% 以上となっている。またチアノーゼ心疾患の小児で SpO₂ が 90% 未満では SaO₂ が 4 ~ 5% 低くなっていたという報告¹⁾ や SaO₂ が低値の例で最大 30% 近い

1) 徳島大学病院 救急集中治療部

2) 大阪母子医療センター 集中治療科

[受付日：2017 年 8 月 24 日 採択日：2017 年 12 月 8 日]

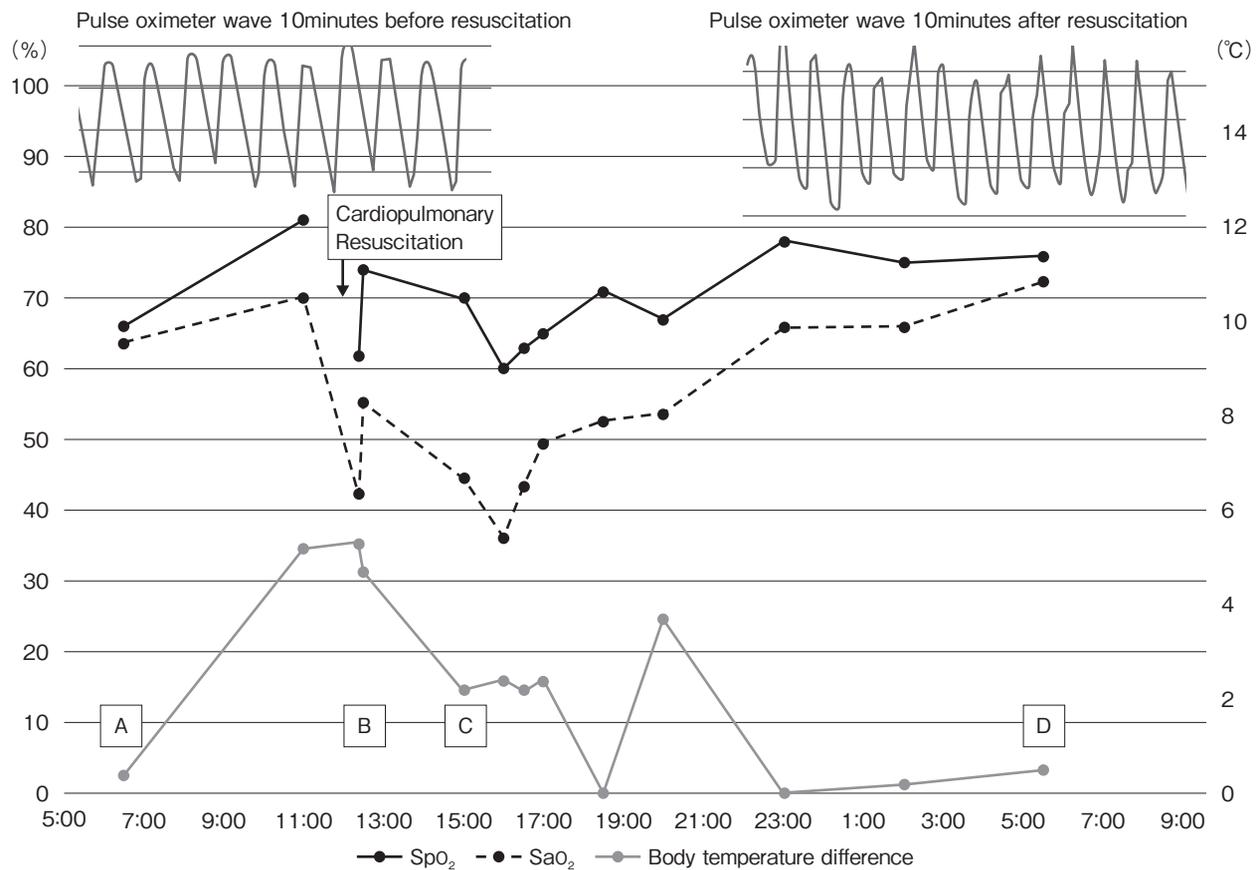


Fig. 1 Clinical course of the patient before and after resuscitation

Trends of SpO₂ (Nellcor N-600X®), SaO₂, and body temperature difference on the day of cardiopulmonary resuscitation. Body temperature difference is defined as surface temperature difference between the abdomen and the sole. The difference between SpO₂ and SaO₂ increased immediately after resuscitation and returned to the baseline in several hours. (A) before resuscitation; (B) just after resuscitation; (C) 3 hours after resuscitation; (D) the day after resuscitation.

Table 1 Blood gas analyses and SpO₂ values before and after resuscitation

arterial blood gas	A : before resuscitation	B : just after resuscitation	C : 3h after resuscitation	D : the day after resuscitation
pH	7.42	7.26	7.39	7.43
PaCO ₂ , mmHg	56.6	49.7	57.8	53.7
PaO ₂ , mmHg	36.2	32.4	28.0	39.5
BE, mmol/L	9.4	2.2	8.0	9.3
HCO ₃ ⁻ , mmol/L	35.6	30.8	34.1	35.3
MetHb, %	1.5	1.6	1.4	1.3
Hb, g/dL	13.5	12.6	11.1	15
SaO ₂ , %	63.7	42.5	44.6	72.3
Pulse oximeter (Nellcor N-600X®)				
SpO ₂ , %	66	62	70	76

乖離が認められたという報告²⁾がある。低酸素血症ではパルスオキシメータの測定値には誤差があり、パルスオキシメータは酸素飽和度を知る補助手段として用いているが、今回のようにパルスオキシメータの値が

変化しない場合、動脈血液ガスを測定せず低酸素血症の増悪を認識できない危険性がある。

SpO₂が不正確になる要因には異常ヘモグロビンの増加、静脈拍動、体動、低酸素血症、末梢循環不全など

がある³⁾。

異常ヘモグロビンを測定できないパルスオキシメータでは一酸化炭素ヘモグロビン (COHb) が増加した場合 SpO₂ は高くなり、メトヘモグロビン (MetHb) の増加では SpO₂ は 85% に収束する⁴⁾。今回の症例では MetHb の増加や溶血所見などはなく COHb の上昇も考えにくい。また体動や静脈拍動の増加では静脈拍動を動脈拍動として検出してしまうため、SpO₂ は低下する。CO₂ の上昇により酸素解離曲線の右方移動が起こり PaO₂ に対する SaO₂ は低下するが、SpO₂ と SaO₂ の乖離には影響はないと考えられる。

末梢循環不全では動静脈シャントが収縮するため SpO₂ が数% 高く表示される¹⁾。本症例は蘇生後に Fig. 1 に示すように中枢と末梢温の差が大きく認められており末梢循環不全の状態であったと考えられる^{5,6)}。動物実験では、心肺蘇生中に SpO₂ が SaO₂ を 30% 以上高く表示されたという報告がある⁷⁾。本症例は心肺蘇生中の検討ではないが、本症例でも末梢循環不全のため SaO₂ と SpO₂ が大きく乖離した可能性があった。パルスオキシメータの機種によって末梢組織の拍動性血流量と非拍動性血流量の比率で表される灌流指標 (Perfusion Index : PI) が測定できるものがある。当院の機種にはなかったが、末梢循環不全の指標として用いられており^{8,9)}、また PI の低下時はパルスオキシメータの精度が低下したとの報告¹⁰⁾ があり、本症例のような乖離を早期に検出できる可能性がある。

IV. 結 語

心肺蘇生を契機に SpO₂ と SaO₂ が大きく乖離した小児を経験した。経過中、それまで安定して SaO₂ とあまり乖離のない状態で表示していたパルスオキシメータでも循環動態の急激な変化が起こったときには、SaO₂ に近い値を表示しない場合があり SpO₂ の観察だけでは

危機的な低酸素状態を見逃す可能性がある。循環不全や SpO₂ が低値の例では SpO₂ と SaO₂ が大きく乖離している可能性があり動脈血ガス検査での確認が必須であると考えられる。

本稿の著者のうち、竹内宗之は米国 Covidien 社から 200 万円超の研究費供与を受けている。その他の全ての著者には規定された COI はない。

参考文献

- 1) Das J, Aggarwal A, Aggarwal NK : Pulse oximeter accuracy and precision at five different sensor locations in infants and children with cyanotic heart disease. *Indian J Anaesth.* 2010 ; 54 : 531-4.
- 2) Ross PA, Newth CJ, Khemani RG : Accuracy of pulse oximetry in children. *Pediatrics.* 2014 ; 133 : 22-9.
- 3) 鶴川貞二 : パルスオキシメータの現状および問題点. *医科器械学.* 2007 ; 77 : 52-9.
- 4) 小坂 誠, 吉田 愛, 大江克憲 : パルスオキシメータの原理. *日集中医誌.* 2016 ; 23 : 625-31.
- 5) Hernandez G, Pedreros C, Veas E, et al : Evolution of peripheral vs metabolic perfusion parameters during septic shock resuscitation. A clinical-physiologic study. *J Crit Care.* 2012 ; 27 : 283-8.
- 6) 長岡秀郎, 矢野 真, 鈴木知行ほか : 開心術中における中枢・末梢深部温度較差の意義. *日臨外医学会誌.* 1985 ; 46 : 561-7.
- 7) Hassan MA, Mendler M, Maurer M, et al : Reliability of pulse oximetry during cardiopulmonary resuscitation in a piglet model of neonatal cardiac arrest. *Neonatology.* 2015 ; 107 : 113-9.
- 8) Corsini I, Cecchi A, Coviello C, et al : Perfusion index and left ventricular output correlation in healthy term infants. *Eur J Pediatr.* 2017 ; 176 : 1013-8.
- 9) De Felice C, Latini G, Vacca P, et al : The pulse oximeter perfusion index as a predictor for high illness severity in neonates. *Eur J Pediatr.* 2002 ; 161 : 561-2.
- 10) Hummler HD, Engelmann A, Pohlandt F, et al : Decreased accuracy of pulse oximetry measurements during low perfusion caused by sepsis : Is the perfusion index of any value? *Intensive Care Med.* 2006 ; 32 : 1428-31.