

胎児動脈血酸素飽和度(SpO<sub>2</sub>)モニタリングの意義

北里大学医学部産婦人科

天野 完 平野 聡子 西島 正博

Significance of Fetal Arterial Oxygen Saturation (SpO<sub>2</sub>) Monitoring

Kan AMANO, Satoko HIRANO and Masahiro NISHIJIMA

Department of Obstetrics and Gynecology, Kitasato University, School of Medicine, Kanagawa

**概要** 分娩時に胎児動脈血酸素飽和度 (SpO<sub>2</sub>) モニタリングを行い、胎児心拍数所見との関連からその意義を検討した。

対象は種々の適応による硬膜外麻酔分娩76例でインフォームド・コンセントを得たうえで破膜後、子宮口開大が平均4.5cm (2~8cm) で反射型センサー (Nellcor FS-10) を胎児頬部と子宮壁との間に装着した。SpO<sub>2</sub>は胎児用パルスオキシメータ (Nellcor N-400) によって連続的に測定し以下の結果を得た。

1. 平均測定時間は218分 (8~705分) で測定時間の75%で良好な記録が得られたが、とくに子宮収縮時には記録が得がたい場合がみられた。なおセンサー挿入に伴う母児の副作用はみられなかった。

2. 胎児心拍数が reassuring の場合には SpO<sub>2</sub>は40~80%の範囲内で、個々の胎児によりほぼ一定で多くの場合は50~70%の範囲内を推移した。細変動減少、消失を伴う ominous pattern では SpO<sub>2</sub>は40%以下を推移し、娩出前20分間の平均 SpO<sub>2</sub>が40%以下の場合には臍帯動脈血 pH は  $7.135 \pm 0.100$  と40%以上の  $7.282 \pm 0.047$  に比べて有意に acidosis の傾向がみられた ( $p < 0.005$ )。

3. 早発一過性徐脈出現時の SpO<sub>2</sub>に変化はみられなかった。変動一過性徐脈出現時の SpO<sub>2</sub>の変化は一定ではなく、変化のみられない場合や徐脈に同期して低下する場合がみられた。

4. 胎児心拍数図による評価が困難な先天性完全房室ブロック (3例)、上室性頻拍症 (1例) の分娩時胎児監視に SpO<sub>2</sub>モニタリングが極めて有用であった。

以上、新たな胎児監視法である SpO<sub>2</sub>モニタリングによってよりの確に胎児状況を評価し得る可能性を明らかとした。

**Synopsis** The significance of fetal arterial oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) monitoring and its relationship with FHR patterns were studied. Continuous fetal SpO<sub>2</sub> was obtained by infrared pulse oximetry (Nellcor N-400) in 76 cases. After amniotomy, a reflectance fetal oximetry sensor (Nellcor FS-10) was placed onto the fetal cheek. The relationship between SpO<sub>2</sub> and FHR pattern was then studied and the following results were obtained.

1. Mean recording time was 218 min. and satisfactory records were obtained during 75% of that time.

2. Whenever the FHR was reassuring, the range of SpO<sub>2</sub> was stable within 40-80%.

3. Variations in SpO<sub>2</sub> values were noted during decelerative patterns. When the FHR was not reassuring, the SpO<sub>2</sub> value tended to be lower than 40%. A more acidotic tendency was found in cases where SpO<sub>2</sub> was below 40% prior to delivery (umbilical arterial pH  $7.135 \pm 0.100$  vs  $7.282 \pm 0.047$ ,  $p < 0.005$ ).

4. In cases of fetal arrhythmia (congenital complete heart block 3, supra ventricular tachycardia 1), SpO<sub>2</sub> monitoring seemed to be an effective tool for fetal surveillance during labor.

Fetal SpO<sub>2</sub> measurement seemed to be an alternative to scalp blood sampling and is especially effective in cases with a nonreassuring or uninterpretable FHR pattern such as fetal arrhythmia.

**Key words:** Fetal pulse oximetry • Fetal arterial oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) • Fetal surveillance • Fetal distress

## 緒 言

分娩監視装置による分娩時の胎児監視が臨床の場に登場してすでに30年近くが経過している。心拍数図の解析による胎児仮死の早期診断が可能となり、児の予後改善に大きく寄与してきたものと推察されるが脳性麻痺など神経学的後障害例の頻度は必ずしも減少していないことが問題となっている<sup>1)2)</sup>。分娩時の asphyxia に起因する後障害例は10%程度であろうと報告されている<sup>3)</sup>が、このことは胎児監視の重要性を否定するものではない。分娩時に突発する急性胎児仮死に対応するには心拍数図による胎児監視が不可欠であることはいうまでもないが、偽陽性所見も多く specificity の低いことが問題となる。そこで新たな胎児監視法として胎児動脈血酸素飽和度 (SpO<sub>2</sub>) モニタリングの意義に関して検討を加えた。

## 対象および方法

種々の適応による分娩例76例 (29~36週 12例, 37週 ≤ 64例) を対象とした。いずれも硬膜外麻酔

下の分娩例で内測法による胎児心拍数モニタリングを行った。インフォームド・コンセントを得たうえで同時に SpO<sub>2</sub> モニタリングを行い心拍数所見との関連、臍帯動脈血 pH との関連、胎児不整脈例での測定意義に関して検討した。なお、胎児娩出 (急速遂娩) 時期の決定は心拍数所見によった (胎児仮死 8 例)。

SpO<sub>2</sub> モニタリングは Nellcor Inc. (USA) で開発中の fetal oxygen saturation monitoring system を用いた。660nm と 890nm の発光ダイオードを包埋した反射型センサー (Nellcor FS-10) を内診による矢状縫合の確認後、子宮壁と胎児側頭部~頬部との間に装着・留置し、胎児用にキャリブレーションされたパルスオキシメータ N-400<sup>3)</sup> によって SpO<sub>2</sub> を測定した (図 1)。記録は 5 秒ごとの移動平均によって分娩監視装置 (Hewlett Packard 8040 A) に取り込み子宮収縮曲線上に連続的に記録した。

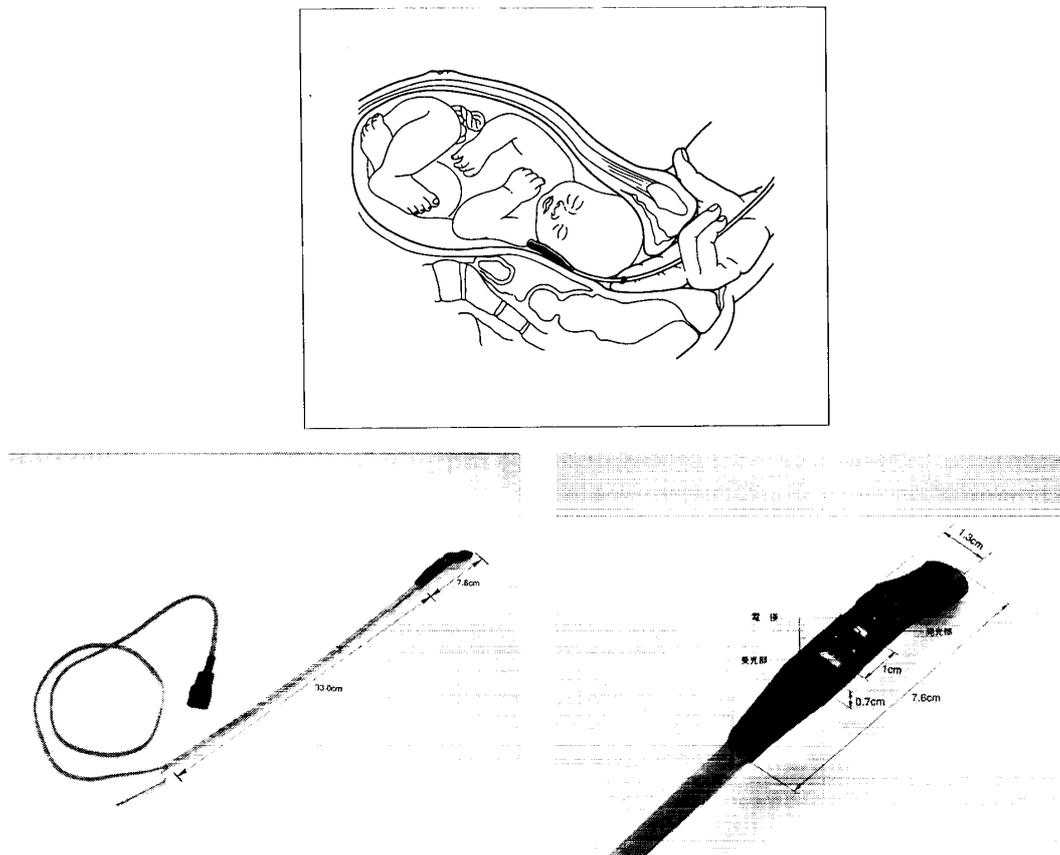


図 1 反射型センサー (Nellcor FS-10) とセンサーの装着

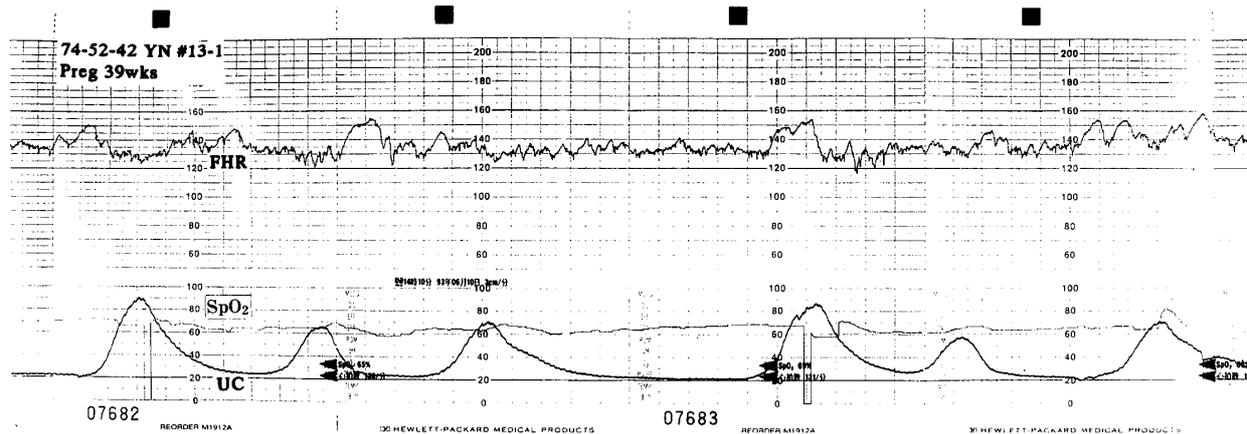


図2 正常胎児の分娩時 SpO<sub>2</sub>  
胎児心拍数所見は reassuring で SpO<sub>2</sub>は60~70%の範囲内を推移している。

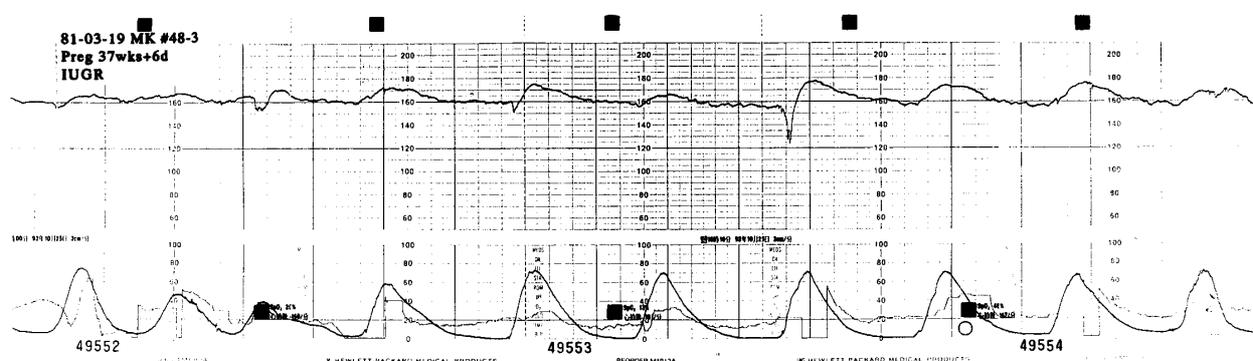


図3 ominous pattern と SpO<sub>2</sub>  
37週6日のIUORで頻脈, overshoot acceleration がみられ, SpO<sub>2</sub>は40%以下を推移している。この後, 酸素投与により SpO<sub>2</sub>は50~60%に回復し, 経膈分娩となった。児は1,734g, Ap. S.5/6, 臍帯動脈血 pH 7.245であった。

## 成績

### 1. センサーの装着と SpO<sub>2</sub>モニタリング

センサーの装着は平均子宮口開大4.5cm (2~8cm), 展退率60% (40~100%), 下降度 Sp-2以下で内測法によるモニタリング開始後に行った。平均測定時間は218分 (8~705分) で, 症例ごとに数回, センサー装着部の位置修正を必要とした。子宮収縮時には良好な記録が得がたい場合も多く, signal loss の頻度は測定時間の平均26% (5~63%) であった。また早産例(32週未満)では胎脂が発光部と受光部の間に介在し, 測定困難な場合があった。なお, センサー装着に伴う母体の発熱や児の損傷などの副作用はみられなかった。

### 2. 胎児心拍数パターンと SpO<sub>2</sub>の関連

分娩経過中の胎児心拍数が reassuring の場合,

その部分を30分ごとの区間に区切って検討すると (34例, 175区間) SpO<sub>2</sub>は40~80%の範囲内で, 多くの場合, 個々の胎児ではほぼ一定に50~70%の範囲内(134区間)を推移した(図2)。細変動減少・消失, 頻脈, 遅発一過性徐脈など ominous pattern を呈する場合には SpO<sub>2</sub>は40%以下を推移した(図3)。

早発一過性徐脈出現時には SpO<sub>2</sub>に大きな変化はみられなかった。

変動一過性徐脈出現時の SpO<sub>2</sub>は変化のみられない場合や, 心拍数の変化に同期して低下する場合など一定ではなかった(図4a, b)。しかしながら高度変動一過性徐脈や遷延一過性徐脈で SpO<sub>2</sub>の低下がみられる場合には軽~中等度変動一過性徐脈出現時に比べてその変化の振幅は大きい傾向

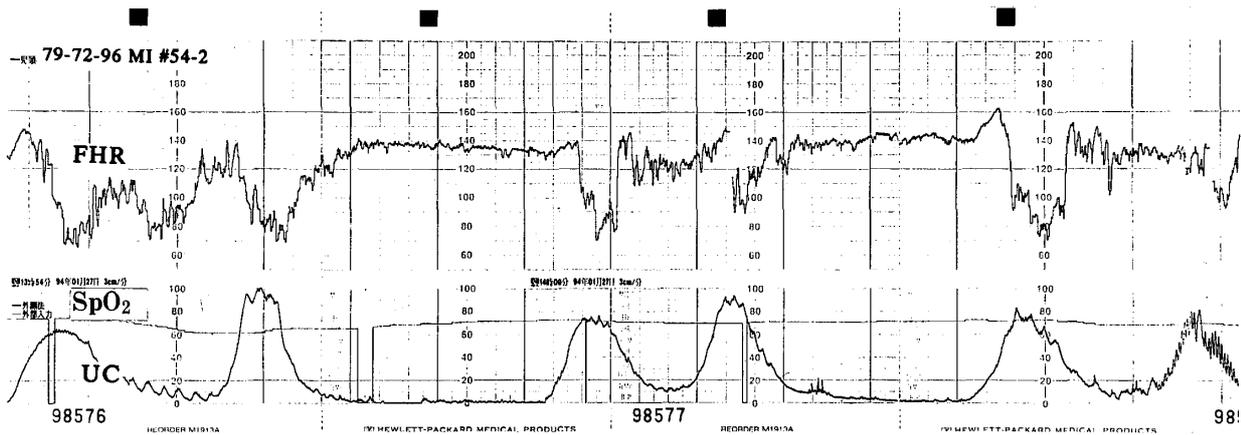


図4a 変動一過性徐脈とSpO<sub>2</sub>  
変動一過性徐脈がみられるがSpO<sub>2</sub>は70%前後を推移している。

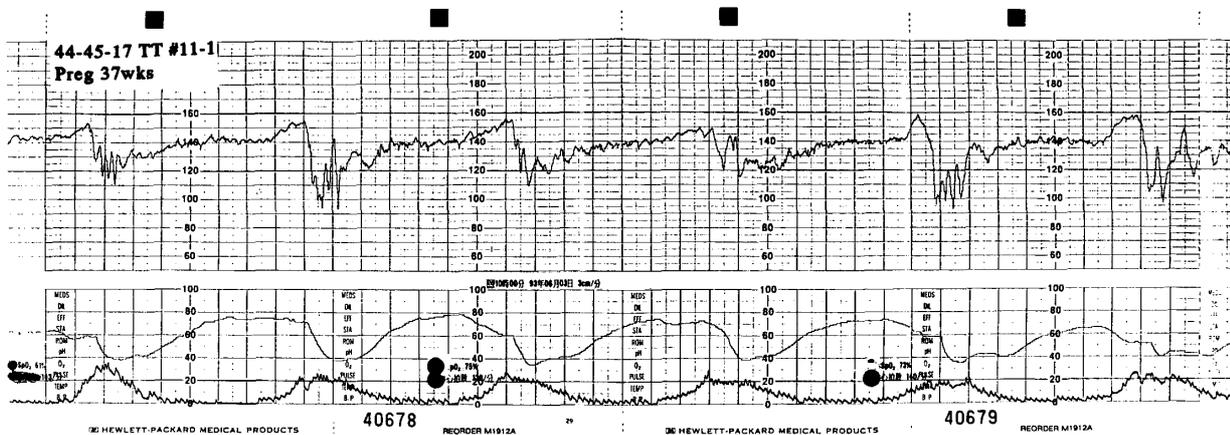


図4b 変動一過性徐脈とSpO<sub>2</sub>  
変動一過性徐脈に同期してSpO<sub>2</sub>の低下がみられる。

表1 胎児心拍数パターンとSpO<sub>2</sub>の関連

FHR patterns	SpO <sub>2</sub>
reassuring	40~80%
LOV/ominous	<40%
mild~mod. VD	<10% ↓
prolonged decel./sev. VD	<20~30% ↓

↓; 基準 SpO<sub>2</sub>からの低下  
LOV; loss of variability  
VD; variable deceleration

がみられた (表1)。

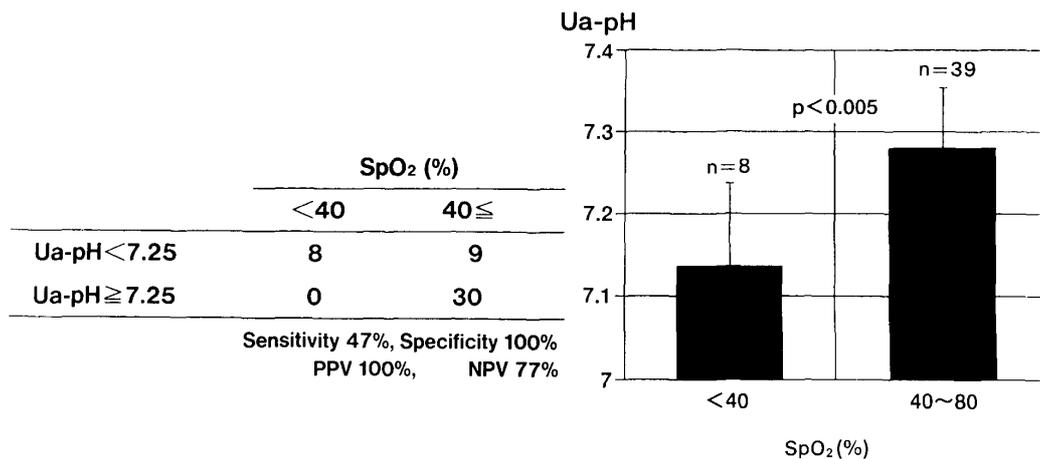
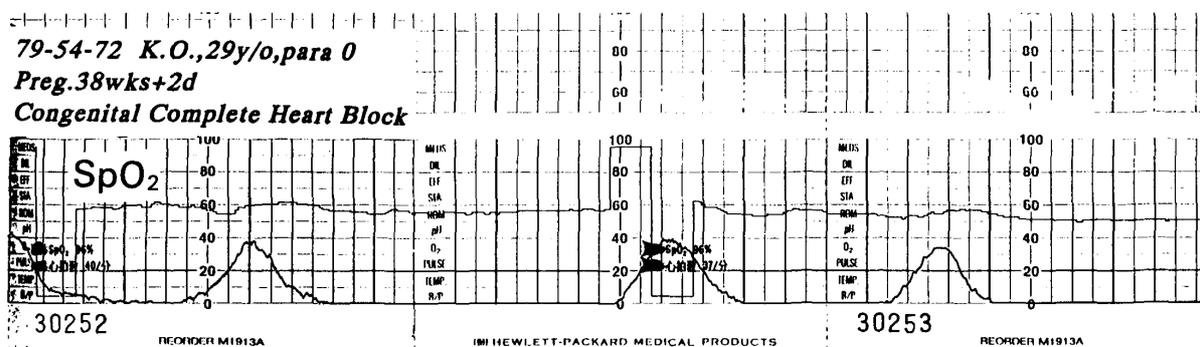
### 3. SpO<sub>2</sub>と臍帯動脈血 pH との関連

児娩出前20分間の平均 SpO<sub>2</sub>が40%以下の場合には臍帯動脈血 pH は7.135±0.100と40%以上の7.282±0.047に比べて有意に acidosis の傾向が

みられた (Student t 検定,  $p < 0.005$ )。また臍帯動脈血 pH 7.25未満の予測に関しては sensitivity 47%, specificity 100%, positive predictive value 100%, negative predictive value 77%であった (図5)。

### 4. 胎児不整脈と SpO<sub>2</sub>

3例の先天性完全房室ブロック (CCHB) と1例の上室性頻拍症 (SVT) に SpO<sub>2</sub>モニタリングによる胎児監視下に経膈分娩を試みた。いずれも SpO<sub>2</sub>は40~72%の間を推移し、CCHBの1例が遷延分娩のため帝切となったが、他の3例は経膈分娩可能であった。なお3例のCCHBは新生児期にペースメーカーの装着を余儀なくされたが、いずれも児の予後は良好であった (表2, 図6)。

図5 娩出前20分間の SpO<sub>2</sub>と臍帯動脈血 pH図6 CCHBの分娩時 SpO<sub>2</sub>表2 胎児不整脈例の分娩時 SpO<sub>2</sub>

case	wks	FHR	SpO <sub>2</sub>	Ua-pH
CCHB	38w6d	38~44bpm	40~50%	7.300
CCHB	36w6d	45~50bpm	68~72%	7.264
CCHB	38w2d	48~52bpm	58~72%	7.198
SVT	38w6d	>230bpm	50~60%	7.306

CCHB: Congenital Complete Heart Block  
SVT: Supra-ventricular Tachycardia

### 考 察

胎児心拍数図による分娩時の胎児管理は一般化はしているが、定量的・客観的診断基準は必ずしも確立しておらず、specificityの低いことが問題となる。backup testとして胎児頭皮採血 (scalp blood sampling) が必要になることもあるが、侵襲的であり、手技上の制約など問題が残されている。これまで胎児 pH, tcpO<sub>2</sub>, tcpCO<sub>2</sub>などのモニタリングが試みられてきたが、いずれも臨床応用までには至っていない。一方、パルスオキシメー

タによる SpO<sub>2</sub>の測定はすでに1983年頃より麻酔科, ICUを初めとし、広く臨床で用いられているが、子宮内の胎児 SpO<sub>2</sub>の測定は測定域が80%以下と低値であることやセンサーの装着の問題などからこれまで困難であった<sup>4)</sup>。今回は Nellcor Inc.で開発・改良中の胎児用にキャリブレーションされたパルスオキシメータ N-400を用いて分娩経過中の胎児 SpO<sub>2</sub>をモニタリングし胎児心拍数所見との関連からその意義を検討した。反射型センサー (Nellcor FS-10)の装着は内診指による誘導で容易で、その形状から子宮壁との間で胎児頬部に圧迫, 固定され、電氣的インピーダンス法によって装着が確認される。胎児脈波の同定は ECG同期法による S/N比の改善から比較的良好な記録が得られたが、子宮収縮時や児頭の回旋・下降、母体の体動に伴ってセンサーのズレを生じ、数回の位置補正を必要とした。今回の硬膜外麻酔下の検討では測定時間の75%で良好な記録が得られた

が、通常の無麻酔の分娩時では母体の体動からセンサーの固定が問題になると思われる。また、測定精度に関しても今後解決すべき問題は残されている。Huch et al. は吸引によって装着するタイプの反射型センサーを、Gardosi et al. はバルーンタイプの反射型センサーを開発、検討している(2nd international workshop on "Fetal O<sub>2</sub> Monitoring sub partu", Munich, 1994, Aug 22)。Knitza et al. のグループは胎児頭皮下に固定する透過型のセンサーを用い、測定時間の95%以上で良好な記録を得、心拍数所見と併せ"Oxycardiocography"としての意義を報告している<sup>5)</sup>。

今回の検討では分娩経過中の胎児 SpO<sub>2</sub>の変化は、心拍数所見が reassuring であれば40~80%の範囲内で個々の胎児でほぼ一定であった。Dildy et al. は今回と同様のシステムを用いた検討で分娩時の平均 SpO<sub>2</sub>は57.9±10.0%で、分娩第一期の61~68%から第二期には57~58%と分娩経過に伴う生理的ストレスを反映して低下傾向がみられたと報告している<sup>3)6)</sup>。動物実験では SpO<sub>2</sub>が30%(25~40%)以下に低下すると pH の低下、base excess の低下がみられ<sup>7)</sup>、このレベルでは呼吸様運動など胎児のバイオフィジカルパラメーターの抑制がみられている<sup>8)</sup>。今回の検討では心拍数が ominous pattern を呈し娩出前の SpO<sub>2</sub>が40%以下を推移する場合にはそれ以上の場合と比べて有意に acidosis の傾向がみられており、胎児予備能によって差はみられるものの、oxygenation の良好な正常胎児の分娩時 SpO<sub>2</sub>は40~80%の範囲内を推移するものと考えてよいと思われる。

McNamara et al.<sup>9)</sup>は SpO<sub>2</sub>と臍帯静脈血酸素飽和度、臍帯動・静脈血 pH との相関を認め、Luttikus et al.<sup>10)</sup>は胎児頭皮採血による検討から SpO<sub>2</sub>と酸素飽和度の相関係数は0.67であったと報告している。

分娩経過中には臍帯因子に起因すると思われる変動一過性徐脈/遷延一過性徐脈の出現頻度が高く、急速遂娩が必要になることも稀ではない。分娩時に胎児仮死適応で帝切を行った56例の検討<sup>11)</sup>では最終所見で遅発一過性徐脈を認めた群はいずれも acidosis の傾向(n=5, pH=7.05±0.11)に

あったが高度変動一過性徐脈/遷延一過性徐脈の群では(n=47, pH=7.175±0.150)臍帯動脈血 pH は6.710~7.374に分布した。このことは心拍数所見のみの評価では必ずしも適切に胎児状況を評価し得ない可能性を示唆するもので、とくに臍帯循環障害はその程度・持続時間や胎児予備能の相違によっても異なることが SpO<sub>2</sub>の変化からも窺われた。羊水過少により、変動一過性徐脈が出現し、SpO<sub>2</sub>の低下がみられる場合には人工代用羊水の注入(amnioinfusion)によって心拍数所見の改善とともに SpO<sub>2</sub>が正常域に回復する例がみられている<sup>12)</sup>。心拍数所見に加えて SpO<sub>2</sub>モニタリングを同時に併用することでよりの確な胎児評価が可能になるとと思われる。

CCHB や SVT では心拍数図による胎児評価が困難なため帝切が選択されることも多いと思われるが、SpO<sub>2</sub>モニタリングによって胎児 oxygenation の程度を確認することができ<sup>13)</sup>、経膈分娩も可能であることが確認された。また産科麻酔など母体への薬剤投与時には胎児評価の重要な指標となる心拍数細変動が修飾され得る可能性があるが、この場合にも SpO<sub>2</sub>モニタリングによって胎児 oxygenation の評価が可能となろう。

今回検討した fetal oxygen saturation monitoring system にはいまだ改善すべき点も残されてはいるが、新たな胎児監視法として今後の臨床応用が期待される。

稿を終えるにあたり、パルスオキシメータ N-400、胎児用センサー-FS-10を提供して頂いた Ms. Debra Reisentel (Director of Marketing, Perinatal Division, Nellcor Inc., USA) に深謝致します。

なお本論文の要旨は第46, 47回日本産科婦人科学会学術講演会にて発表した。

本研究の一部は厚生省心身障害研究班「ハイリスク児の総合的ケアシステムに関する研究」による。

## 文 献

1. Naeye RL, Peters EC, Bartholomew M, Landis JR. Origins of cerebral palsy. Am J Dis Child 1989; 143: 1154-1161
2. Nelson KB. What proportion of cerebral palsy is related to birth asphyxia? J Pediat 1988; 112: 572-573
3. Dildy GA, Clark SL, Louks CA. Preliminary

- experience with intrapartum fetal pulse oximetry in humans. *Obstet Gynecol* 1993; 81: 630—635
4. *Johnson N.* Development and potential of fetal pulse oximetry. *Contemp Rev Obstet Gynaecol* 1991; 3: 193—200
  5. *Schaffer I, Knitza R, Mainz S, Schlamp K, Pahl C.* Oxykardiotokographie: Korrelation der fetalen Sauestoffättigung mit dem Fetal Outcome. Hypoxische Gefährdung des Fetus sub partu. Knitza R, ed. Darmstadt; Steinkopff, 1994: 169
  6. *Dildy GA, van den Berg PP, Kazt M, Clark SL, Jongsma HW, Nijhuis JG, Loucks CA.* Intrapartum fetal pulse oximetry: Fetal oxygen saturation trends during labor and relation to delivery outcome. *Am J Obstet Gynecol* 1994; 171: 679—684
  7. *Nijland R, Jongsma HW, Nijhuis JG, van den Berg PP, Oeseburg B.* Arterial oxygen saturation in relation to metabolic acidosis in fetal lambs. *Am J Obstet Gynecol* 1995; 172: 810—819
  8. *Richardson BS, Carmichael L, Homan J, Patrick JE.* Electroocortical activity, electroocular activity, and breathing movement in fetal sheep with prolonged and graded hypoxemia. *Am J Obstet Gynecol* 1992; 167: 553—558
  9. *McNamara H, Chung DC, Lilford R, Johnson N.* Do fetal pulse oximetry readings at delivery correlate with cord blood oxygenation and acidemia? *Brit J Obstet Gynaecol* 1992; 99: 735—738
  10. *Luttkus A, Fengler TW, Friedmann W, Dudenhausen W.* Continuous monitoring of fetal oxygen saturation by pulse oximetry. *Obstet Gynecol* 1995; 85: 183—186
  11. **西島正博, 天野 完, 庄田 隆.** 胎児仮死診断の現状と発症要因に関する研究. 厚生省心身障害研究班「ハイリスク児の総合的ケアシステムに関する研究」平成5年度研究報告書, p57
  12. **天野 完, 黒須不二男, 庄田 隆, 西島正博, 蒲原 孝.** amnioinfusion—適応と限界. 周産期学シンポジウム メジカルビュー社 1994; 12: 79—88
  13. **天野 完, 藤生祐子, 高松 愛, 西島正博.** パルスオキシメータによる分娩時胎児管理を行った先天性完全房室ブロックの1例. *日産婦誌* 1994; 46: 469—472

(No. 7698 平7・10・6受付)