

児出生直前直後の心拍数変動と臍帯動脈血所見の関連に関する研究

鳥取大学医学部産科婦人科学教室 (主任: 前田一雄教授)

大 谷 嘉 明

Fetal and Neonatal Heart Rate Changes Related with the Acid-base Balance of Umbilical Cord Arterial Blood

Yoshiaki OHTANI

Department of Obstetrics and Gynecology, Tottori University School of Medicine, Tottori

(Director: Prof. Kazuo Maeda)

概要 児出生直前直後の心拍数を連続的に記録し、臍帯動脈血ガス分析値と比較検討することにより、出生直前の胎児心拍数変動の意義及び出生直後の新生児心拍数変動からみた児の適応過程について検討した。対象は在胎37~42週の頭位経膈分娩児62例で、1分 Apgar score は全例7点以上であった。胎児心拍数は直接誘導胎児心電信号及び超音波ドプラ胎児信号を用い、また新生児心拍数は無線テレメータ心電送信器・受信機を用い、両者とも自己相関計式心拍数計により記録し、その解析に自動胎児診断補助装置を利用した。臍帯動脈血ガス分析には全自動 Radiometer ABL-II を用い、以下の結果を得た。(1) 出生直前の胎児心拍数変動パターンは、正常型 (32例, 51%)、高度変動一過性徐脈型 (25例, 40%)、徐脈型 (5例, 9%) の3型に分類された。また臍帯動脈血 pH < 7.250 の低 pH 群は13例で、そのうち10例は高度変動一過性徐脈型、3例は正常型 (全例吸引分娩例) であった。(2) 高度変動一過性徐脈型で低 pH 群10例はその発生から出生までに 9.5 ± 5.4 分を要しており、pH ≥ 7.250 の高 pH 群15例の 4.7 ± 4.4 分に比し、有意に長時間であった。(3) 出生前15分間に1回以上の一過性頻脈 (持続15秒以上、振幅15bpm 以上) をみた19例は全例高 pH 群に属した。(4) 出生後、新生児は平均2.8分後に平均192bpm のピーク心拍数に達したが、低 pH 群では 4.0 ± 2.6 分後に 198.5 ± 9.9 bpm のピークに達し、高 pH 群の 2.3 ± 1.8 分、 190.2 ± 11.3 bpm に比し、ピーク到達に時間を要するとともに、頻脈が高度であることがわかった。また臍帯動脈血 BE とピーク到達時間、ピーク心拍数との間にはそれぞれ $r = -0.37$, $r = -0.27$ の有意な逆相関関係があった。(5) 低 pH 群と高 pH 群では胎児心拍数基線に差はないが、新生児心拍数基線は低 pH 群の方が高く、とくに出生後0~5分、5~10分間の新生児心拍数基線には、BE との間に $r = -0.46$, $r = -0.35$ の有意な逆相関関係を認めた。

Synopsis The fetal heart rate (FHR) in the last 15 minutes of labor and the neonatal heart rate (NHR) in the first 15 minutes of life were recorded, and their correlation with the acid-base balance of the umbilical cord arterial blood was studied in 62 full-term infants. The one minute Apgar score was 7 or greater in all cases. The cord arterial pH was less than 7.250 in 13 neonates in the low pH group, and it was 7.250 or greater in 49 in the high pH group.

1) FHR patterns during the last 15 minute of labor were classified into three types. The normal type was observed in 32 cases (51%), the severe variable deceleration type in 25 (40%), and the bradycardia type in 5 (9%). 2) In the severe variable deceleration type, 10 cases in the low pH group showed a significantly longer period that of appearance than 15 in the high pH group. 3) All fetuses that had at least one acceleration in the last 15 minutes of labor were included in the high pH group. 4) NHR increased and reached its peak of 192bpm at 2.8 minutes after birth on the average. However, the low pH group showed a significantly higher NHR and a longer period until the peak than the high pH group. 5) The low pH group had a higher NHR-baseline than the high pH group.

Key words: Fetus • Neonate • Heart rate • Umbilical cord blood • pH

緒 言

現在胎児心拍数図は広く臨床応用され、新生児心拍数図に関しても種々の病態との関連が注目されている。本研究では、胎児及び新生児心拍数を

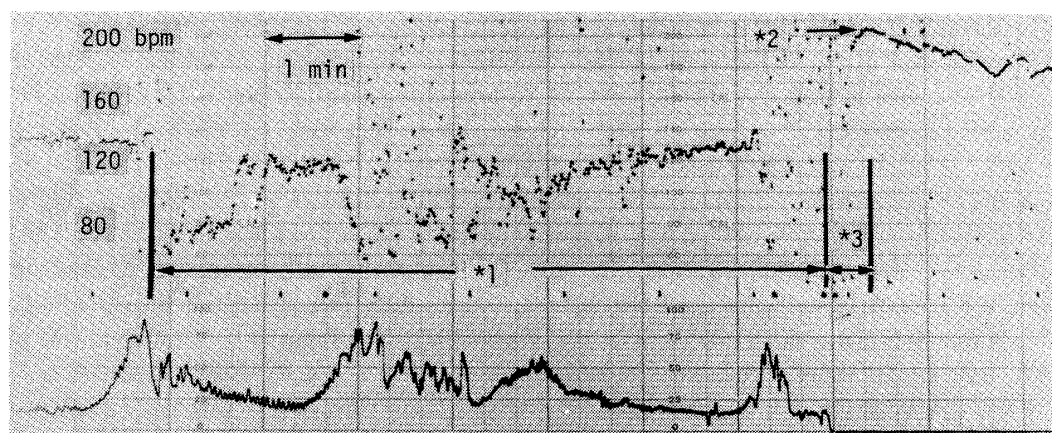
出生前後ほぼ連続的に記録し、臍帯動脈血ガス分析値と比較検討することにより、出生直前の心拍数変動の意義、及び出生直後の児の適応過程を心拍数変動から観察することを試みた。

研究方法及び対象

対象は在胎37～42週，出生体重2,496～4,229gの頭位経膈分娩児62例で，small for date 児はなく，1分 Apgar score は全例7点以上であつた。胎児心拍数（FHR）は，直接誘導胎児心電信号及び超音波ドプラ胎児信号を用い，また新生児心拍数（NHR）は，児出生直後両側前腕に心電計電極を装着し，無線テレメータ心電送信器及び受信機（トーイツ製 MT-260）を用い，両者とも自己相関計式心拍数計（トーイツ製 MT-810, MT-810B 特型）に入力，記録し，その解析に自動胎児診断補助装置（トーイツ製 MT-140）を利用した³⁾。両心

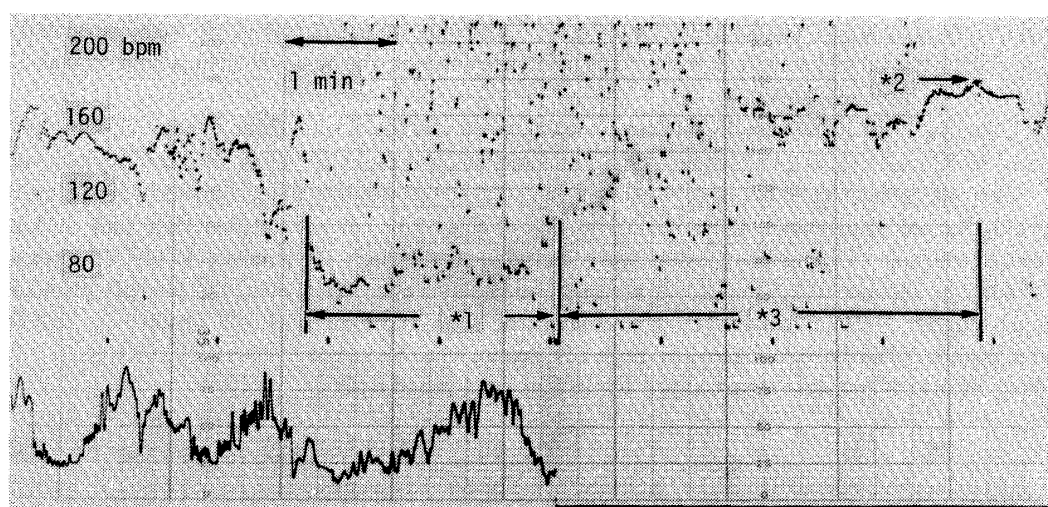
拍数とも最低15分以上記録した。出生直前の心拍数変動を，正常型，高度変動一過性徐脈型（severe variable deceleration type）（図1），徐脈型（bradycardia type）（図2）に分類し，高度変動一過性徐脈及び100bpm以下の徐脈の発生から出生までの時間を負荷時間（stress period），新生児心拍数がピークに到達するのに要する時間（NHR-peak reaching time），その時の心拍数（peak heart rate）については両心拍数図上で肉眼的に計測し，胎児心拍数基線（FHR-baseline）及び新生児心拍数基線（NHR-baseline）は自動胎児診断補助装置にプリントアウトされた数値を用

図1 Cardiotocogram of severe variable deceleration type



Upper : Heart rate change, Lower : Uterine contraction curve, *1: Stress period (min), *2: Peak heart rate (bpm), *3: NHR-peak reaching time (min)

図2 Cardiotocogram of bradycardia type



Upper : Heart rate change, Lower : Uterine contraction curve, *1: Stress period (min), *2: Peak heart rate (bpm), *3: NHR-peak reaching time (min)

表1 Comparison of the clinical conditions between low and high pH groups

	Umbilical cord arterial pH	
	<7.250	≥7.250
Number of cases	13	49
Parity	p=10, M=3	p=20, M=29
Birth weight (g)	3273±446	3231±399
2nd stage (min)	16.8±10.0	20.4±24.5
Induction of labor by drugs	3/13	15/49
Vacuum extraction	3/13	4/49

p : primipara, M : multipara

いた。出生前15分間の一過性頻脈（持続15秒以上で振幅15bpm以上）の有無については肉眼的に判断した。一方、臍帯動脈血については出生直後、第一呼吸開始前に、臍帯を2カ所で挟鉗した後に採血し、直ちに全自動 Radiometer ABL-2を用いてガス分析を行った。尚、「研究成績」には各計測値の平均値に加えて S.D. を記した。

研究成績

62例の水素イオン濃度換算の平均臍帯動脈血 pHは7.292, BEは-5.3 (mEq/L) であり, pH <7.250の低 pH 群13例, pH ≥7.250の高 pH 群49例で、初経産別、出生体重、分娩第2期所要時間、陣痛促進剤の使用の有無、吸引分娩の有無について両群に差はみられなかった（表1）。

1. 出生直前の FHR と臍帯動脈血ガス分析値

(1) FHR と臍帯動脈血 pH, BE

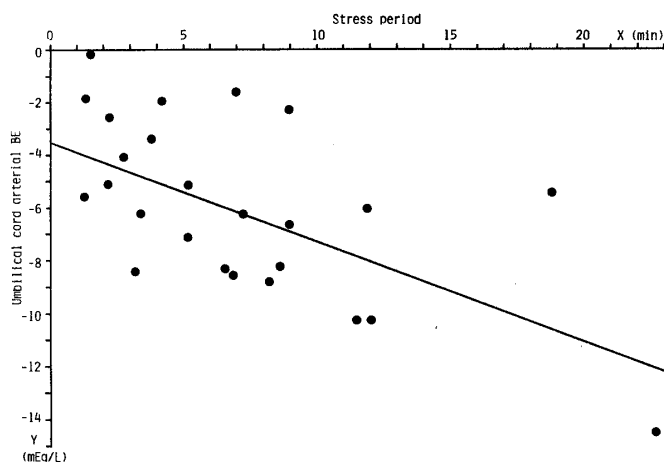
正常型(32例, 51%), 高度変動一過性徐脈型(25例, 40%), 徐脈型(5例, 9%) の pH 及び BE の平均は各々, 7.299, -5.2(mEq/L), 7.275, -5.9(mEq/L), 7.334, -3.8(mEq/L) であつた。低 pH 群13例のうちわけは、正常型3例(全例吸引分娩例), 高度変動一過性徐脈型10例であり、徐脈型で低 pH 群に属した例はなかった。

(2) 負荷時間と臍帯動脈血 pH, BE

a) 高度変動一過性徐脈型

低 pH 群(10例)の負荷時間は9.5±5.4分で、高 pH 群(15例)の4.7±4.4分に比し有意に大であつた。また負荷時間(X)分と臍帯動脈血 BE (Y) mEq/Lは、 $Y = -0.37X - 3.51$ ($r = -0.61$) の回帰式で表される有意な逆相関関係があつた

図3 The relation between stress period (X) and umbilical cord arterial BE (Y) in the cases of variable deceleration type



$$Y = -0.37X - 3.51 \quad (r = -0.61)$$

(図3)。

b) 徐脈型

5例の全例が高 pH 群に属し、負荷時間は平均 2.4 ± 0.4 分であつた。

(3) 出生前15分間の一過性頻脈の有無と臍帯動脈血 pH

出生前15分間に1回以上の一過性頻脈がみられたのは19例（正常型13例, 高度変動一過性徐脈型4例, 徐脈型2例）で、全例が高 pH 群に属した。一方、一過性頻脈がみられなかった43例中高 pH 群に属したのは30例であつた。

2. 臍帯動脈血ガス分析値と出生直後の NHR

出生直後の新生児は 2.8 ± 2.1 分後に 191.9 ± 11.4 bpm のピーク心拍数を示した。

(1) 臍帯動脈血 pH と NHR

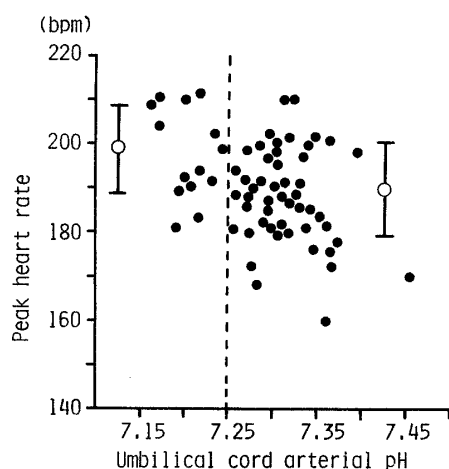
① pH と新生児ピーク心拍数（図4）

低 pH 群の新生児ピーク心拍数は 198.5 ± 9.9 bpm で高 pH 群の 190.2 ± 11.3 bpm に比し有意 ($p < 0.01$) に高値であつた。また新生児ピーク心拍数を全体の平均±標準偏差値により180bpm以下及び200bpm以上に分けてみると、ピーク心拍数が180bpm以下であつた11例は全例高 pH 群に属し、200bpm以上の18例は高 pH 群12例, 低 pH 群6例であつた。

② pH と NHR ピーク到達時間（図5）

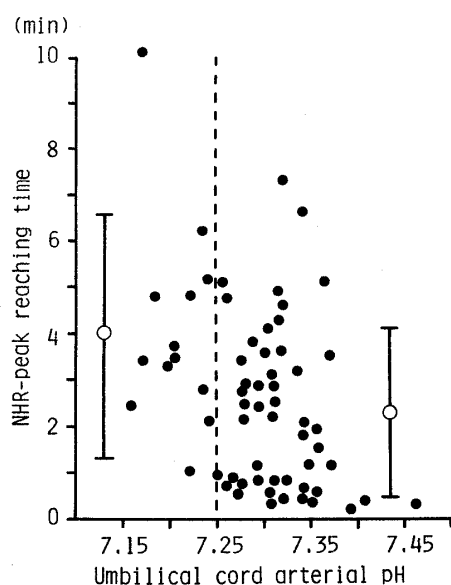
低 pH 群の NHR ピーク到達時間は 4.0 ± 2.6 分

図4 Umbilical cord arterial pH and peak heart rate



An open circle refers to each mean value in high and low pH groups, while a vertical bar refers a S.D.

図5 Umbilical cord arterial pH and NHR-peak reaching time



The open circles and vertical bars are similar as in Fig. 4

であり、高pH群の 2.3 ± 1.8 分に比し、有意 ($p < 0.005$) に長時間を要した。

(2) 臍帯動脈血 BE と NHR

① BE と新生児ピーク心拍数 (図6)

BE (X)mEq/L と新生児ピーク心拍数 (Y)bpm の間には $Y = -1.22X + 185.4$ ($r = -0.27$) の有意 ($p < 0.025$) な逆相関関係がみられ、BE が低値

図6 The relation between umbilical cord arterial BE (X) and peak heart rate (Y)

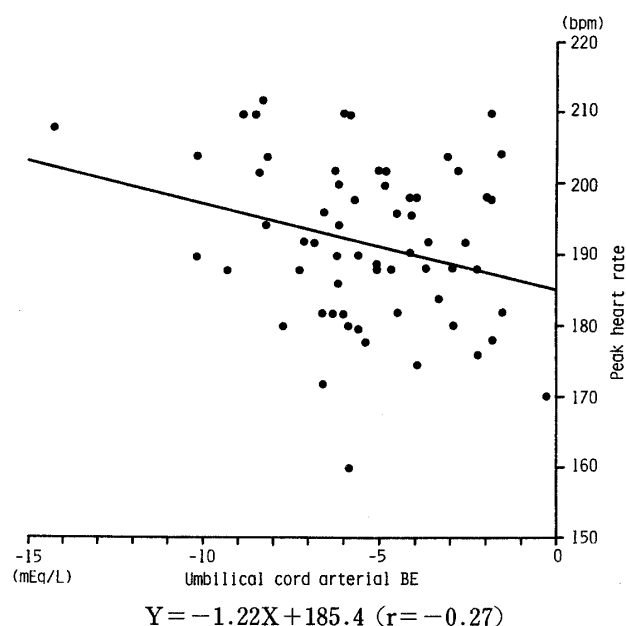
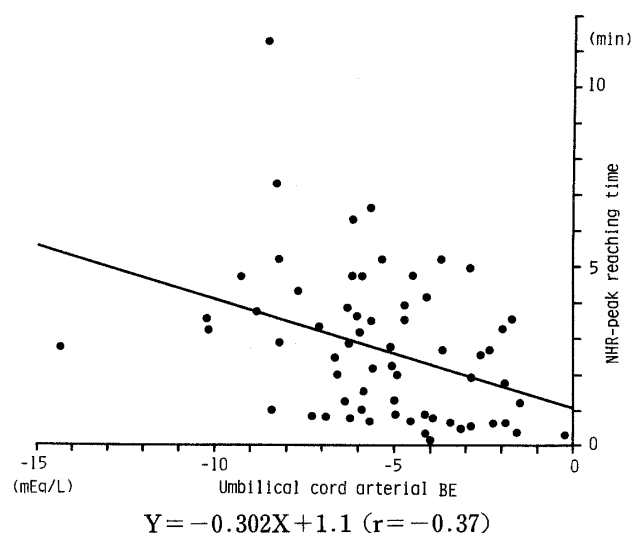


図7 The relation between umbilical cord arterial BE (X) and NHR-peak reaching time (Y)



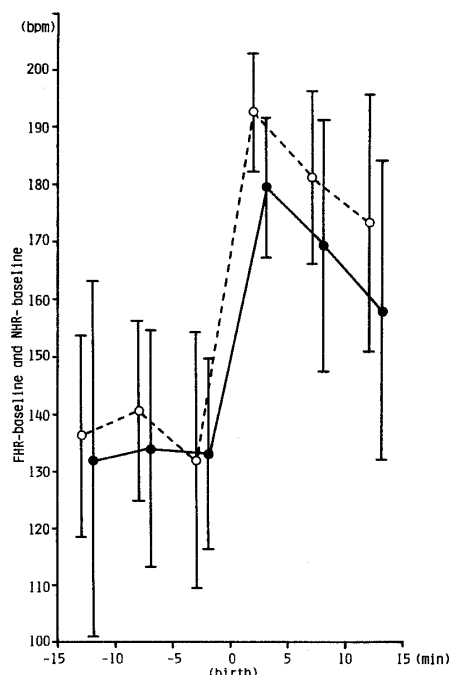
であるほど新生児ピーク心拍数は高値であつた。

② BE と NHR ピーク到達時間 (図7)

BE (X)mEq/L と NHR ピーク到達時間 (Y) 分との間には $Y = -0.302X + 1.1$ ($r = -0.37$) の有意 ($p < 0.005$) な逆相関関係がみられ、BE が低値であるほど NHR がピークに到達するのに時間を要した。

3. FHR-baseline, NHR-baseline と臍帯動脈血ガス分析値

図8 FHR-baseline and NHR-baseline changes of both low and high pH group



○ pH<7.250 (low pH group), ● pH≥7.250 (high pH group)

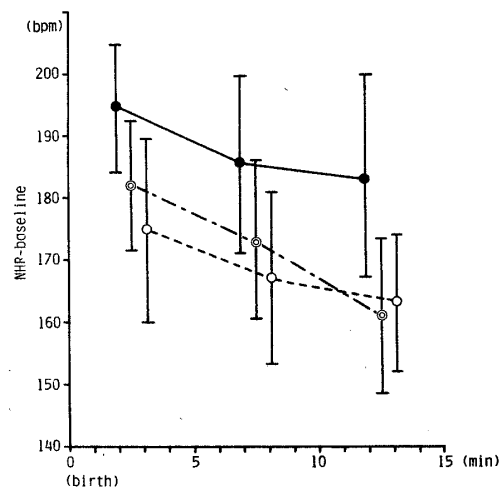
(1) FHR-baseline, NHR-baseline と臍帯動脈血 pH

低 pH 群, 高 pH 群の 2 群の 5 分後との各々の baseline の推移をみると (図 8), FHR-baseline において両群に差はみられないが, NHR-baseline では, 低 pH 群が, 高 pH 群に比して高値を持続し, 特に出生後 0~5 分間の NHR-baseline は低 pH 群が $192.6 \pm 10.8 \text{ bpm}$, 高 pH 群が $179.6 \pm 12.8 \text{ bpm}$ と, 低 pH 群が有意 ($p < 0.01$) に高値であつた。

(2) 臍帯動脈血 BE と NHR-baseline

臍帯動脈血 BE を $\text{BE} \leq -8.0 \text{ (mEq/L)}$ の低 BE 群 (10 例), $-8.0 < \text{BE} \leq -4.0 \text{ (mEq/L)}$ の中 BE 群 (34 例), $-4.0 < \text{BE (mEq/L)}$ の高 BE 群 (18 例) の 3 群に分け, 出生後 15 分間の 5 分間ごとの NHR-baseline の変化をみると (図 9), 0~5 分間の NHR-baseline は低 BE 群が中 BE 群より有意 ($p < 0.01$) に高く, 中 BE 群は高 BE 群より有意 ($p < 0.05$) に高い。また出生後 5~10 分間の NHR-baseline は低 BE 群が中 BE 群より有意 ($p < 0.05$) に高く, 出生後 10~15 分間の NHR-

図9 Umbilical cord arterial BE and changes of NHR-baseline



● $\text{BE} \leq -8.0 \text{ mEq/L}$ (low BE group),
 ◎ $-8.0 < \text{BE} \leq -4.0 \text{ mEq/L}$ (middle BE group),
 ○ $-4.0 < \text{BE mEq/L}$ (high BE group)

0~5min ● } $p < 0.01$

◎ } $p < 0.05$

○

5~10min ● } $p < 0.05$

◎ } $p < 0.01$

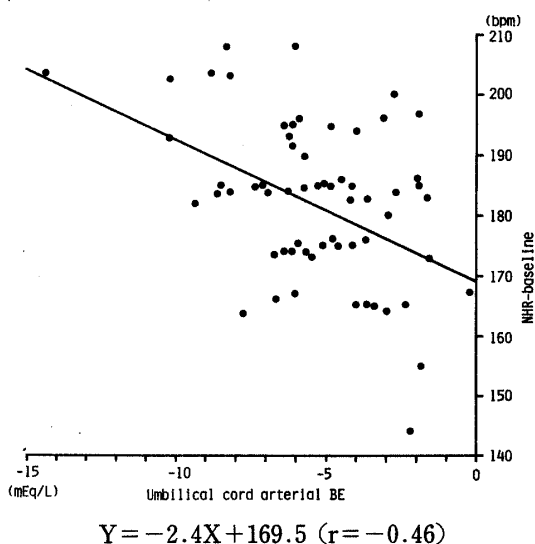
○

10~15min ● } $p < 0.01$

◎ } $p < 0.01$

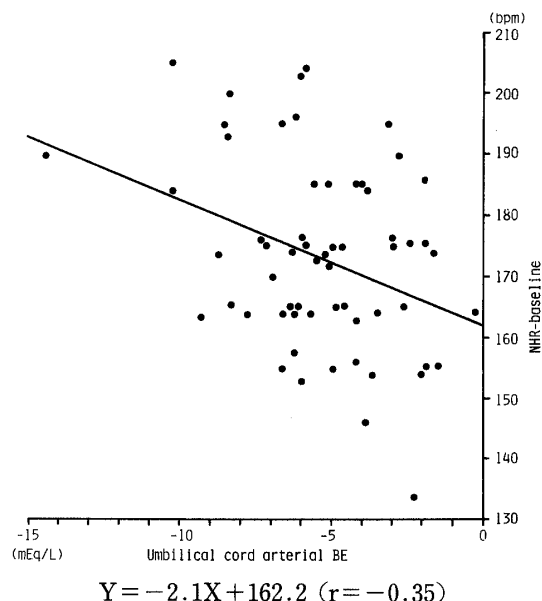
○

図10 The relation between umbilical cord arterial BE (X) and NHR-baseline (0~5min) (Y)



baseline は低 BE 群が高 BE 群より有意 ($p < 0.01$) に高値であつた。臍帯動脈血 BE (mEq/L) (X) と, 出生後 0~5 分間の NHR-baseline (bpm) (Y) との間には, $Y = -2.4 + 169.5$ ($r =$

図11 The relation between umbilical cord arterial BE (X) and NHR-baseline (5~10min) (Y)



-0.46)で表される有意($p < 0.005$)な逆相関関係があり(図10), また, 臍帯動脈血 BE(mEq/L) (X) と出生後5~10分間 NHR-baseline (bpm) (Y) との間に $Y = -2.1 + 162.2$ ($r = -0.35$) の有意($p < 0.005$)な逆相関関係があつた(図11)。

考 案

本研究の対象となつた62例は全例, 1分 Apgar score 7点以上の仮死のない正期産児であるが, Apgar score は主観的であり, 出生時の児のアシドーシスの状態を十分には反映しておらず, 仮死の指標としての価値は疑問¹⁹⁾であるため, 児の出生時の状態を客観的に評価できる¹²⁾臍帯動脈血ガス分析値を指標として用いた。

1. 出生直前の FHR と臍帯動脈血ガス分析値について

出生直前の FHR 変動は非常に複雑であり, その分類及び分析結果も定まつたものがない⁵⁾。本研究においては, 出生直前の FHR 変動パターンを, 正常型, 高度変動一過性徐脈型, 徐脈型の3型に分類し, 検討を加えた。臍帯動脈血 pH < 7.250 の低 pH 群13例のうち, 10例は高度変動一過性徐脈型であり, 3例は正常型であつた。高度変動一過性徐脈型のうち, 低 pH 群10例はその発生から出生までに 9.5 ± 5.4 分を要しており高 pH 群15例の 4.7 ± 4.4 分に比し, 有意に長時間であつた。

従つて高度変動一過性徐脈発生後5分以内に出生にいたれば児はアシドーシスに陥ることがなく, また10分以上経過すればアシドーシス状態での出生の可能性が高くなると推定される。従来の報告¹⁵⁾は Apgar score との対比であり, 仮死(1分 Apgar score ≤ 6)発生までの時間に比し, かなり厳しい値となつた。正常型でありながら低 pH 群となつた3例は, いずれも微弱陣痛などを適応とした吸引分娩例であつた。出生直前の持続的徐脈については Boehm⁸⁾は, この徐脈は高度変動一過性徐脈の一つのエピソードに過ぎず, これを認めた12例中, 1分 Apgar score < 8 のものは1例のみであつたと報告したが, 12例全例が発生後10分以内に出生しており, その後の報告¹⁴⁾のなかで, 予後不良であつた18例をあげて, これらの多くが徐脈発生前になんらかの異常 FHR パターンを示していたという。本研究において徐脈の持続は平均2.4分であり, 徐脈発生以前に仮死と判断できる異常 FHR パターンを示したものが全くなかつたため, 徐脈型が全例高 pH 群に属したと思われる。また, Gilstrap et al.¹³⁾は出生前10分間に FHR-baseline が120bpm 以下の徐脈あるいは160bpm 以上の頻脈を示した児は臍帯動脈血 pH < 7.20 となる率が有意に高かつたと報告しているが, 本研究における pH 7.250 を境とする高 pH 群・低 pH 群の出生前15分間の5分間ごとの FHR-baseline に差はみられなかつた。出生前15分間に1回以上の持続15秒以上で振幅15bpm 以上の一過性頻脈がみられた19例は全例が高 pH 群に属した。Clark et al.⁹⁾は児頭皮末梢血採血による刺激で持続15秒以上で振幅15bpm 以上の一過性頻脈のあつた胎児は全例末梢血 pH > 7.21 であり, さらに分娩第1期に頭皮末梢血 pH < 7.19 であつた胎児は, 指による圧迫や, アリス鉗子による刺激にも一過性頻脈を示さなかつたと報告している¹⁰⁾。例数が少ないが, 本研究の結果もこれらの報告を支持するものであり, 出生直前に一過性頻脈を示す児はアシドーシスの状態で出生することがほとんどないと思われた。

2. 臍帯動脈血ガス分析値と出生直後の NHR について

胎児としての子宮内生活から、分娩という大きな関門を経て新生児として子宮外生活に適応していく過程は非常にダイナミックである。特に循環器系の変化は著しい。出生直後から新生児の心拍数は増加し、2.8分後には192bpmという頻脈に達したが、ストレスの総和と考えられる臍帯動脈血を指標にしてみると、低pH群では高pH群に比し、NHRピークに到達するのに時間を要し、より頻脈を示した。この関係はBEとの関係でより明らかであり、BEが低いほどNHRがピークに到達するのは遅れるが、より高度の頻脈の状態を生後しばらく持続した。すなわち、大きなストレスを受け、出生時にアシドーシス、特に代謝性アシドーシスが強い児ほど、この傾向があるといえる。

Muraligopal et al.¹⁸⁾は、1分Apgar score ≤ 6 で出生した正期産児では1分Apgar score ≥ 7 の児に比べ、NHRがピークに到達するのが遅く、ピークからの減少も遅かつたと報告しており、本研究の結果と一致する。一方Cordero¹¹⁾は1分Apgar score ≤ 6 の児は1分Apgar score ≥ 7 の児に比べ出生後60分間は5分間ごとの平均NHRが低く、同様に臍帯動脈血pH ≤ 7.15 の児ではpH ≥ 7.25 の児に比し、出生後60分間は5分間ごとの平均NHRが低かつたと報告している。出生直後から新生児がこのような頻脈となるのは、分娩時のストレスによつて生じる低酸素状態が刺激となり²⁾、胎児交感神経—副腎系から分泌されるノルアドレナリンを中心とした⁴⁾カテコラミンの関与が非常に大きいと思われる。出生前の異常胎児心拍数図と臍帯血pH及び臍帯血中カテコラミンとの深い関係を示唆する報告⁶⁾⁷⁾¹⁷⁾もある。一方低pH群で、とくにBEが低いほど出生後の心拍数増加が遅れるのは、分娩時の強いストレスにより副交感神経系の緊張状態が出生後も続いているため¹⁵⁾と考えられるが、ストレスが大であるほどカテコラミン分泌も大であり、やがては高pH群、高BE群よりも頻脈となり、高いNHR-baselineを維持すると思われた。

稿を終るにあたり、御指導御校閲頂いた鳥取大学医学部産科婦人科学前田一雄教授、御校閲頂いた同生理学及川俊彦教授、同脳神経小児科学竹下研三教授に深謝し、また本

研究に御協力頂いた聖隷浜松病院産科婦人科の諸先生方に謝意を表する。なお、本論文の要旨は第36回日本産科婦人科学会学術講演会、第20回日本新生児学会学術講演会に発表した。

文 献

1. 橋本武次：胎児仮死と胎児娩出時期。周産期医学，14：361，1984。
2. 橋本 雅，武田佳彦，池ノ上克，坂田寿衛，村田雄二：羊 chronic preparation model（生理実験モデル）における胎児血中カテコロールアミンの動態。日産婦誌，34：1446，1982。
3. 前田一雄：胎児心拍数自動診断分娩監視装置とその臨床応用。臨床ME，5：194，1981。
4. 中井利明，山田律爾，磯部和正：周産期血中カテコラミン分泌動態特性の in vivo, in vitro における検討。日新生児誌，19：101，1983。
5. 千村哲朗：娩出直前の胎児心拍数変動と胎児予後の関係。産婦の実際，36：839，1983。
6. Bistoletti, P., Lagercrantz, H. and Lunell, N.O. : Correlation of fetal heart rate patterns with umbilical artery pH and catecholamines during last hour of labor. Acta obstet. Gynecol. Scand., 59: 213, 1980.
7. Bistoletti, P., Nylund, L., Lagercrantz, H., Hjerdahl, P. and Ström, H. : Fetal scalp catecholamines during labor. Am. J. Obstet. Gynecol., 147: 785, 1983.
8. Boehm, F.H. : Prolonged end stage fetal heart rate deceleration. Obstet. Gynecol., 45: 579, 1975.
9. Clark, S.L., Gimovsky, M.L. and Miller, F.C. : Fetal heart rate response to scalp blood sampling. Am. J. Obstet. Gynecol., 144: 706, 1982.
10. Clark, S.L., Gimovsky, M.L. and Miller, F.C. : The scalp stimulation test : A clinical alternative to fetal scalp blood sampling. Am. J. Obstet. Gynecol., 148: 274, 1984.
11. Cordero, L. : Heart rate changes during the first hour of life. Biol. Neonate, 20: 270, 1972.
12. D'Souza, S.W., Black, P., Cadman, J. and Richards, B. : Umbilical venous blood pH : A useful aid in the diagnosis of asphyxia at birth. Arch. Dis. Child., 58: 15, 1983.
13. Gilstrap, L.C., Hauth, J.C. and Toussaint, S. : Second stage fetal heart rate abnormalities and neonatal acidosis. Obstet. Gynecol., 63: 209, 1984.
14. Herbert, C.M. and Boehm, F.H. : Prolonged end-stage fetal heart rate deceleration: A reanalysis. Obstet. Gynecol., 57: 589, 1981.
15. Katz, M., Sokal, M.M., Lilling, M. and Fox,

- A. : Neonatal heart rate reactivity following variable deceleration during labor. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 136 : 389, 1980.
16. *Katz, M., Shani, N., Meizner, I. and Insner, V.* : Is end-stage deceleration of the fetal heart ominous? *Br. J. Obstet. Gynecol.*, 89 : 186, 1982.
17. *Lagercrantz, H. and Bistoletti, P.* : Catecholamine release in the newborn infant at birth. *Pediatr. Res.*, 11 : 889, 1977.
18. *Muraligopal, V.G., Weinfeld, I.J., Zanini, B., Cabal, L.A. and Tsai, W.S.* : Heart rate reactivity as an indicator of autonomic system in the newborn. *Pediatr. Res.*, 9 : 368, 1975.
19. *Sykes, G.S., Molloy, P.M., Johnson, P., Gu, W., Ashworth, F. and Stirrat, G.M.* : Do apgar scores indicates asphyxia? *Lancet*, 1 : 494, 1982.
(特別掲載 No. 5761 昭60・6・11受付)
-