

C. 産婦人科検査法

Obstetrical and Gynecological Examination

18. 胎児心拍数モニタリング

Fetal Heart Rate Monitoring

胎児の well-being を評価する方法として、胎児心拍数のモニターが不可欠である。歴史的にみて、胎児心拍数の連続記録は分娩時から始まった。1958年、分娩中に胎児の心拍数を間歇的にカウントするのではなく、連続した変化を記録して、そのパターンを分類し胎児ジストレスの診断を行う方法が Hon¹⁾²⁾により開発された。分娩中は規則的な子宮収縮が存在し、子宮筋の収縮は子宮筋層内を通り絨毛間腔に流入する母体側の胎盤血流量に影響を与えるため、その負荷に対応した胎児心拍数の変化をみることで胎児の状態を推測することができる。したがって分娩中の胎児心拍数の変化は陣痛との時間的關係が重要となる。胎児心拍数と子宮収縮を併列に経時的に記録したものが cardiotocogram : CTG である。

一方、妊娠中は基本的に子宮収縮が存在しないことから、分娩中のような心拍数の変化はみられない。そこで考えられたのが contraction stress test : CST である。子宮収縮剤の投与により子宮収縮を惹起し、それにより胎盤機能不全や胎児ジストレスを診断しようとする方法である。それに対して、子宮収縮という負荷を与えなくとも分娩中とは異なる判定法で妊娠中の胎児の well-being が評価できるとして普及したのが non-stress test : NST である(non-stress test の呼称は contraction stress test に対応して付けられたものである)。

1) 胎児心拍数の制御機構

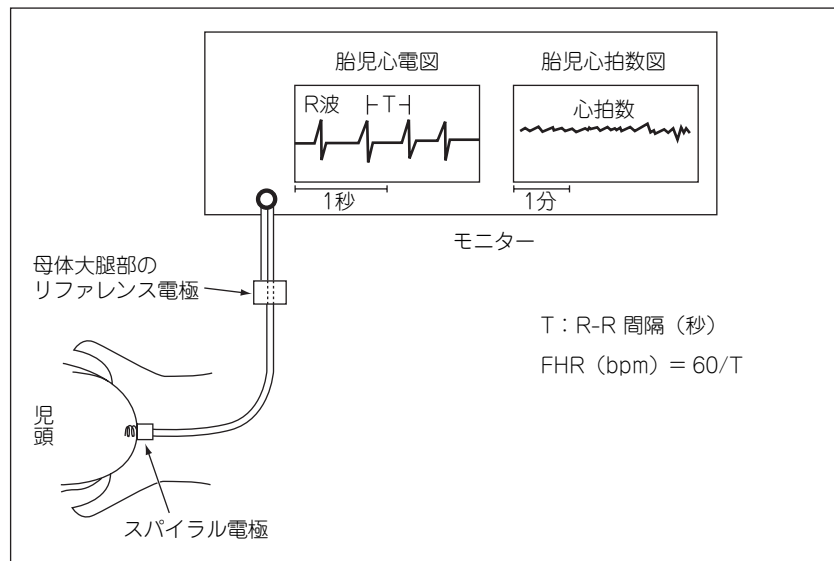
心臓は自律的拍動能力をもつが、拍動のペースは延髄に存在する拍動中枢(心臓調節中枢)から交感神経と副交感神経(迷走神経)による遠心性支配を受けている。交感神経線維は星状神経節を介し主として心室に分布し心拍数を増加させ、副交感神経系は迷走神経線維を介して洞房結節、房室結節に分布し、心拍数を減少させる働きをする。延髄の心臓調節中枢への求心性刺激は頸動脈および大動脈にある化学受容器 chemoreceptor と圧受容器 baroreceptor を介して行われる。血液の酸素含量の低下や pH の低下、PCO₂の上昇などによって、化学受容器は刺激を受け交感神経系を緊張させる。血圧の上昇は圧受容器を刺激し副交感神経を興奮させる。また、延髄の心臓調節中枢は上位の中枢である視床下部、大脳辺縁系の制御も受けており、その他、血液の電解質、体温、neurotransmitter、心筋自体の活動性など種々な要素が複合的に胎児の心拍数を変動させている。

2) 分娩中の心拍数モニタリング

(1) 胎児心拍数計測の方法

①内測法—直接誘導胎児心電信号による方法

バイポーラースパイラル電極を直接胎児に装着し、一極(スパイラルの先端)は胎児の皮下、一極(スパイラルを固定する端子の小電極板)は胎児皮膚の外側に装着し、二極間の電位差により胎児心電信号を得る。リファレンス電極は母体大腿部に固定する。心電信号の R 波の間隔を計測しそれにより、一拍ごとの胎児心拍数 fetal heart rate FHR (beat per minute : bpm) を計算する ($FHR(bpm) = 60/T$, $T : R-R$ 間隔(秒))。その値を記録紙に経



(図 C-18-1) 直接誘導胎児心電信号による胎児心拍数計測

時的に刻印したものが胎児心拍数図である(図 C-18-1)。

内測法は外測法より正確な信号が得られ、ベッド上の母体のモニター中の体動制限も外測法より少ないが、胎児にとっては侵襲的な方法で、未破水例では人工破膜が必要となる。そのため、日本では後述の外測法で良好な記録が得られない場合や、胎児に不整脈が存在する場合にのみ用いられる傾向にある。

②外測法—ドプラ心拍数計による方法

母体の腹壁から胎児の心拍動を検出する外測法としては、ドプラ心拍数計が用いられる(過去に用いられた心音計は、ノイズが多く、子宮収縮時に良好な記録の得られないことが多いため現在はほとんど使用されなくなった)。

胎児の心拍動に由来するドプラ信号の最もよく聴取できる母体腹壁(通常、児背から心臓に超音波を送信する部位)にプローブを置き、ゴムベルトで固定する。この時、プローブにはコンタクトゲルを塗る。プローブからは超音波(通常1~2MHz)が送受信され、反射体のビーム方向のベクトル成分を有する動きによる受信波の周波数偏位を検出する。心臓の動きに由来するドプラ信号は、心臓弁や心筋、血流などからの信号がすべて含まれており、また、母体の心拍動、呼吸、体動、子宮収縮や胎児の動きに由来するノイズも混入してくる。この複雑な信号から瞬時心拍数を計算するために開発されたのが、自己相関関数を利用し心拍動に由来する信号部分の類似性を統計的に比較して周期性を算出する方法である。原信号をデジタル変換し連続的に積和を演算させ、信号の周期性、すなわち心拍数を算出する。原信号にノイズ成分が少なければ演算に利用するデータ長が短くでき、真の一拍ごとの間隔による瞬時心拍数に近い心拍数表示となるが、ノイズが多い原信号を処理する場合は、周期性検出のための演算データが長く必要となり、心拍数には平均値的要素がでてくる。これに対しても、近年の装置には最適自動制御回路が組み込まれており、そのため不必要な演算時間が短縮され、臨床的には正確な瞬時心拍数が得られていると考えてよい(穂垣ら³⁾ 1977)。

(2) 胎児心拍数図の読み方とその意義

胎児心拍数モニタリングは胎児の well-being を評価するための検査であるが、検査の対象疾患としての“胎児の状態が悪い”ことを指す用語が変更され、2006年現在、その概念の整理が進められているところである。

日本産科婦人科学会 周産期委員会は2001年の報告で、それまで使用されてきた“胎児ジストレス(胎児仮死)”という用語は使わないこととし、それに代わって“non-reassuring fetal status”という英語をそのまま使用することを提案した。その後、会員から日本語の用語の必要性が唱えられ、同委員会は2006年“non-reassuring fetal status”の邦訳として“胎児機能不全”を提唱した。この用語の定義について、現在検討が進められているのであるが、“non-reassuring fetal status”の持つ意味をそのまま活かすならば、これまで用いてきた“胎児ジストレス”の概念と異なり、より幅広い“胎児の状態”を示すことになる。これは、胎児心拍陣痛図、またその他の臨床検査による“胎児の状態”の診断の不正確性を意識した考えに基づくものであるが、このことが、臨床現場での対応にいささか混乱をもたらしていることも事実である。そこで、同委員会では“胎児機能不全”も含まれる“胎児の状態”を医療介入(急速遂娩)の必要性の程度に応じて分類することも合わせて検討しているが、まだ結論は出ておらず、“急速遂娩が必要と考えられる胎児の状態”を、特定する用語が定められていないのが現状である。

以上のことを考慮して、本稿では、上記の“胎児の状態”を示す言葉として、敢えて“胎児ジストレス”を用いることにした。今後、周産期委員会より適切な用語が提言された時には、それに置き換えていただきたい。

<胎児心拍数図における用語と定義>

周産期委員会は2003年に上記に関する改定案を提示した⁴⁾。以下に抜粋する。

I. 胎児心拍数図の基本事項

- (1) 以下の定義は胎児心拍数図を肉眼的に見て判断されるものであるが、将来のコンピュータによる自動診断にも適応されるものとする。
- (2) 記録用紙、モニターディスプレイ画面上においても横軸の記録速度は1分間に3cm。縦軸は記録紙1cmあたり心拍数は30bpmを標準とする。
- (3) 胎児心電図からの直接誘導による心拍数計測あるいは超音波ドプラ法による自己相関心拍数計測のどちらにも適応される。
- (4) 以下の定義は主に分娩時の胎児心拍数図に対するものであるが、妊娠中において

(表 C-18-1) 胎児心拍数の用語

A. 胎児心拍数基線	FHRb baseline
1) 正常(整)脈	normocardia : 110 ~ 160bpm
2) 徐脈	bradycardia : < 110bpm
3) 頻脈	tachycardia : > 160bpm
B. 胎児心拍数基線細変動	FHR baseline variability
C. 胎児心拍数細変動	FHR variability
D. 胎児心拍数一過性変動	periodic or episodic change of FHR
(1) 一過性頻脈	acceleration
(2) 一過性徐脈	deceleration
(i) 早発一過性徐脈	early deceleration
(ii) 遅発一過性徐脈	late deceleration
(iii) 変動一過性徐脈	variable deceleration
(iv) 遷延一過性徐脈	prolonged deceleration

もその読み方は同じとする。

- (5) 波形は胎児心拍数基線，細変動の程度，心拍数一過性変動をそれぞれ別個に判断するものとする。
- (6) 子宮収縮に伴う変化は周期性変動(periodic change)，伴わない変化は偶発的変動(episodic change)とする。
- (7) 妊娠週数，子宮収縮の状態，母体，胎児の状態，薬物投与など，胎児心拍数に影響を与えると考えられる事項を記載する。

II. 胎児心拍数の用語

胎児心拍数の解説に用いる用語を表 C-18-1 に示す。この中で C. 胎児心拍数細変動は，胎児心拍数基線以外の部分における細変動を指すが，この臨床的意義は現在のところ不明な点が多く，ここでは解説を加えない。

①胎児心拍数基線 fetal heart rate baseline

胎児心拍数図上の，一過性変動のない部分の10分間程度の平均的な心拍数をいうが，周産期委員会の定義は以下である。

胎児心拍数基線は，10分の区画におけるおおよその平均体重心拍数であり，5の倍数として表す。

注：152bpm，139bpm という表現は用いず，150bpm，140bpm と5bpm ごとの増減で表す。

判定には

1. 一過性変動の部分
2. 26bpm 以上の胎児心拍数細変動の部分を除く。また，
3. 10分間に複数の基線があり，その基線が26bpm 以上の差をもつ場合は，この部分での基線は判定しない。

10分の区画内で，基線を読む場所は少なくとも2分以上続かなければならない。

そうでなければその区画の基線は不確定とする。この場合は，直前の10分間の心拍数図から判定する。

もし胎児心拍数基線が110bpm 未満であれば徐脈(bradycardia)と呼び，160bpm を越える場合は頻脈(tachycardia)とする。

定常的な胎児の心拍数は交感神経と副交感神経の緊張のバランスにより決定されている。胎児心拍数は妊娠週数により異なり，妊娠5～6週頃には80bpm 程度で，その後徐々に増加し，妊娠10～11週頃が最も高く，170～180bpm となる。その後心拍数は副交感神経系の成熟によって徐々に低下し，妊娠16週頃は160bpm 前後，妊娠末期には平均140bpm となる(妊娠16週からは1週ごとに約1bpm ずつ低下する)。

したがって，表 C-18-1 の基準は妊娠後期に適應されると考えるべきで，妊娠中期の心拍数は少し高めと心得ておく必要がある。

a. 頻脈 tachycardia

心拍数基線が160bpm を超えるものが頻脈と定義されているが，妊娠週数の早い例では正常でも頻脈傾向を呈する。

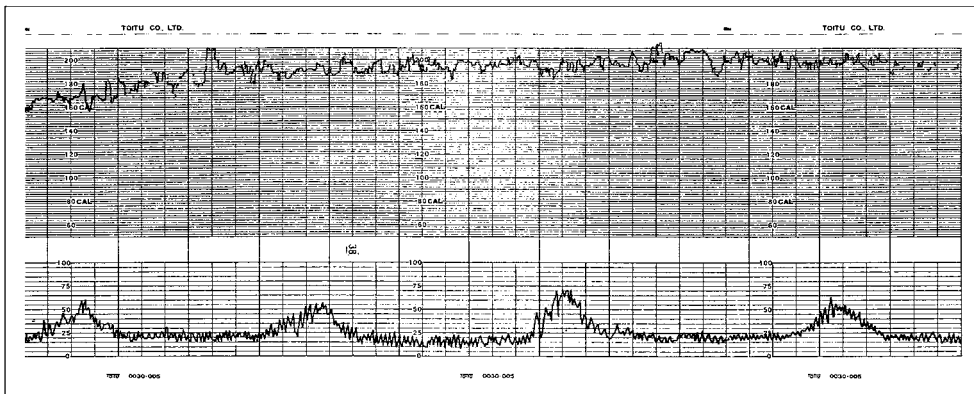
頻脈の原因として多くみられるのは，種々な理由による母体の発熱である。なかでも絨毛膜羊膜炎などの子宮内感染には注意が必要である。胎児が感染している時は母体の発熱に先立って，頻脈が認められるとの報告がある(Gilstrap et al.⁵⁾1987)。また，軽度の低

酸素状態の持続や低酸素状態からの回復期に頻脈を呈することが知られている。その他、胎児の上室性頻拍症などの不整脈や母体の低血圧、母体への薬剤投与(交感神経刺激剤—塩酸リトドリンなど、副交感神経遮断剤—硫酸アトロピンなど)や硬膜外麻酔の影響などが頻脈の原因となる。

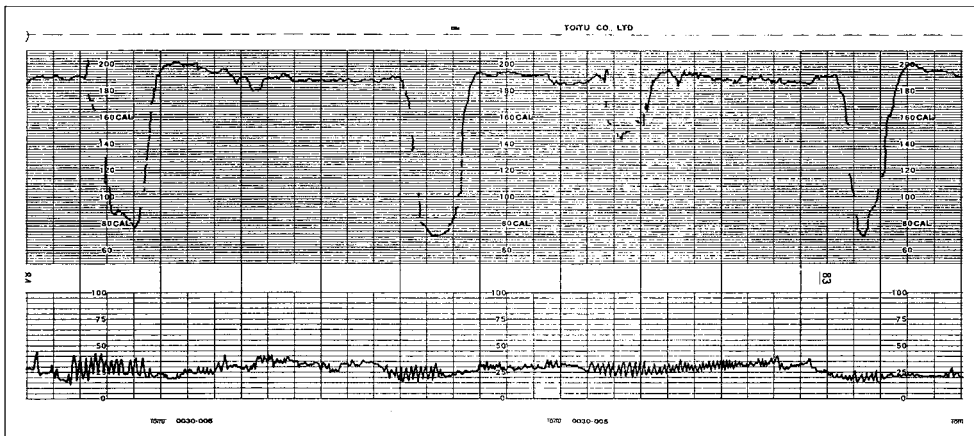
通常、頻脈のみがみられ、基線細変動も正常で、一過性徐脈が認められないときは胎児ジストレスとは診断せず経過観察でよいが(図 C-18-2)、一過性徐脈を伴う場合や基線細変動が減少してきたときは要注意である(図 C-18-3)。

b. 徐脈 bradycardia

心拍数基線が110bpm 未満のものを徐脈とするが、Freeman et al.⁹⁾(1991)は15分以上の持続と定義している。日本では厳密な定義はされていないが、10分以上持続と考え



(図 C-18-2) 妊娠 41 週，高度頻脈(遷延一過性徐脈(図 C-18-9)の回復後に認められた)心拍数基線は 200bpm に達しているが，細変動は正常範囲内である。この後遷延一過性徐脈が再度出現したため帝王切開が施行された。児体重 3,072g，Ap スコア 5 点



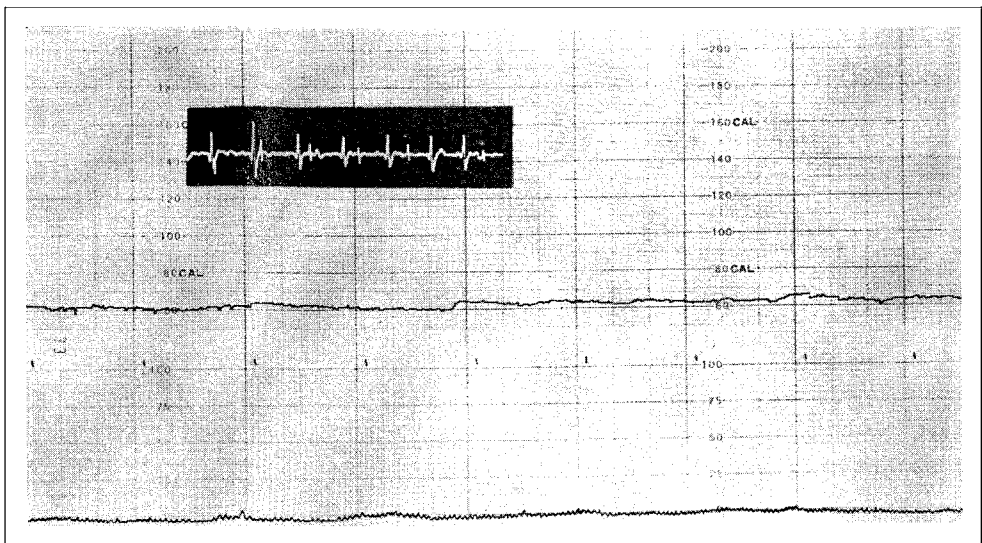
(図 C-18-3) 妊娠 32 週，一過性徐脈を伴う高度頻脈心拍数基線は約 190bpm で細変動は正常範囲だが減少傾向にある。前期破水で入院直後の記録で，子宮収縮が良好に記録されていないが，変動一過性徐脈である。頭位の臍帯脱出と診断され，ただちに帝王切開が施行された。児体重 1,392g，Ap スコア 4 点

るのが一般的である。また高度、軽度の分類は、日本では定義されていないが、米国では80~100bpmを moderate bradycardia, 80bpm 未満を severe bradycardia としている(ACOG⁶⁾, 1989)。

基線細変動の減少を伴わない軽度の徐脈は胎児ジストレスとは診断しない。軽度の徐脈は全分娩の2%に認められる(Young et al.⁸⁾ 1976)。特に分娩第2期に認められるものは持続的な児頭圧迫によると考えられている。Gilstrap et al.⁵⁾(1987)の報告では、分娩第2期に90~119bpmの徐脈を認めた症例の1/3に軽度のアシドーシスを認めたが、重症ではなかったとしている。

分娩中の低酸素状態やアシドーシスによる徐脈は、通常、徐脈出現前に心拍数パターンの何らかの異常が認められ、徐々に進行した胎児状態の悪化が重度に陥った結果と考えられ、速やかな処置が要求される。この場合、基線細変動の減少または消失を伴うことが多い。一方、それまで正常の心拍数パターンを示していた例が突然高度の徐脈を呈するときは、胎盤早期剥離や子宮破裂などの重篤な原因の存在することがあるので注意が必要である。低酸素状態による胎児の徐脈はアシドーシスを伴う重症の場合以外でも、急性で一時的な中等度~高度の低酸素状態でみられる。このときは基線の細変動は保たれているかむしろ増加している。化学受容器が低酸素を感知、交感神経が興奮し血管を収縮させ血圧を上昇させる。それを圧受容器が感知し迷走神経反射により徐脈が出現すると考えられている。オキシトシン投与による過強陣痛などのように原因が除去できる場合は、それにより徐脈は回復する。

その他の原因としては、胎児の房室ブロックなどの心疾患(図 C-18-4)、母体への薬剤投与の影響などが挙げられる。



(図 C-18-4) 妊娠 38 週、心疾患を伴った胎児の高度徐脈

心拍数基線は 62bpm で細変動も減少しているが、心疾患によるもので、胎児ジストレスとは診断されなかった。左上方に腹壁誘導胎児心電図を示す。小さい peak が胎児の QRS である。この例は正常経陰分娩となった。児体重：3,354g, Ap スコア：6 点, UApH：7.374, PO₂：21.0, 出生後、本心拍は洞房ブロックを伴う房室結節リズムと診断された。

②胎児心拍数一過性変動 periodic or episodic change of FHR

一過性の胎児心拍数変動で、多くは子宮収縮、胎動などに関連して出現する。

a. 一過性頻脈 acceleration

一過性頻脈とは心拍数が開始からピークまで30秒未満の急速な増加で開始から頂点までが15bpm以上、元に戻るまでの持続が15秒以上2分未満のものをいう。32週未満では心拍数増加が10bpm以上、持続が10秒以上のものとする(頻脈の持続が2分以上、10分未満のものは遷延一過性頻脈 prolonged acceleration と呼ぶ)。

一過性頻脈は、妊娠中にみられることが多く、分娩中は早期に多い。胎動、子宮収縮、内診などの刺激、臍帯圧迫に伴って認められ、一過性頻脈が存在することは、胎児の生理的反応が維持されていることを意味するが、分娩中はそれが認められないからといって必ずしも胎児の状態が悪化していることを示す訳ではない。変動一過性徐脈に付随して一過性頻脈が現れることがある。









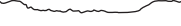

b. 一過性徐脈 deceleration

一時的に心拍数が減少したのち、基線に回復するパターンをいう。子宮収縮に関連して生じることが多いが、そうでないものも存在する。一過性徐脈は分娩中しばしばみられ、その分類は胎児の状態を評価するのに重要である。現在は表 C-18-2 に示す4種類の一過性徐脈に分類する。

a) 早発一過性徐脈 early deceleration

早発一過性徐脈とは、子宮収縮に伴って、心拍数減少の開始から最下点まで30秒以上の経過で緩やかに下降し、その後子宮収縮の消退に伴い元に戻る心拍数低下で、その一過性徐脈の最下点と対応する子宮収縮の最強点の時期が一致しているものをいう。その心拍数減少は、直前の心拍数より算出される。心拍数減少の程度は軽く100bpm以下に低下

(表 C-18-2) 胎児心拍数一過性変動の分類

分類	シエーマ
a. 一過性頻脈 acceleration	FHR  uc 
b. 一過性徐脈 deceleration	
(i) 早発一過性徐脈 early deceleration	FHR  uc 
(ii) 遅発一過性徐脈 late deceleration	FHR  uc 
(iii) 変動一過性徐脈 variable deceleration	FHR  uc 
(iv) 遷延一過性徐脈 prolonged deceleration	FHR  uc 

注1: bの(i)と(ii)は心拍数減少の開始から最下点まで30秒以上の緩やかな心拍数の下降

注2: 子宮収縮が不明の場合はbの(i), (ii), (iii)の区別はつけない

することはほとんどない(Freeman et al.⁹⁾1991).

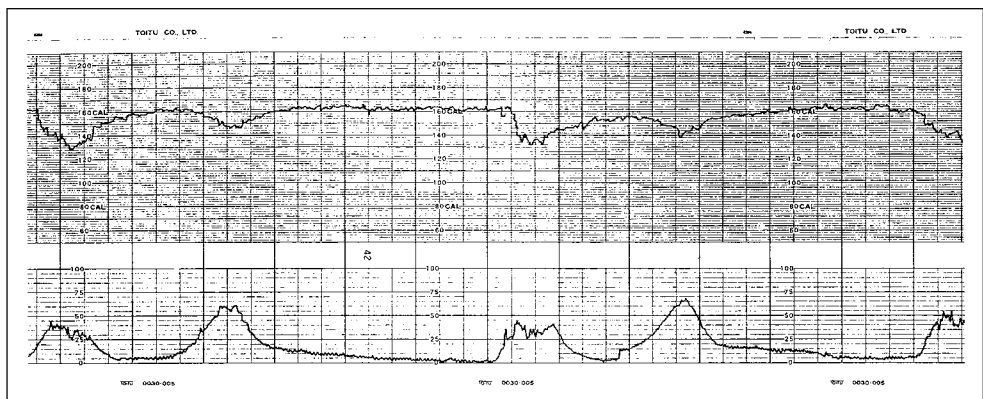
早発一過性徐脈の出現メカニズムとしては、児頭の圧迫のための頭蓋内圧の上昇による迷走神経反射が心拍数の低下を引き起こすためとされている。本パターンは一時的な臍帯圧迫でも生じることが報告(Ball et al.⁹⁾1992)されているが、低酸素状態やアシドーシスを示唆するパターンではなく胎児ジストレスとは診断しない(図 C-18-5)。

b) 遅発一過性徐脈 late deceleration

遅発一過性徐脈とは、子宮収縮に伴って、心拍数減少の開始から最下点まで30秒以上の経過で緩やかに下降し、その後子宮収縮の消退に伴い元に戻る心拍数低下で子宮収縮の最強点に遅れて一過性徐脈の最下点を示すものをいう。その心拍数減少は、直前の心拍数より算出される。ほとんどの症例で、一過性徐脈の下降開始・最下点・回復が、おのおの子宮の収縮の開始・最強点・終了より遅れて出現する。

遅発一過性徐脈は、子宮収縮により絨毛間腔への血流量が減少し、それによる胎盤での換気不全で胎児血 PO_2 があるレベル以下に低下するために生じるとされている。分娩中の子宮収縮は、正常例においても一時的に胎盤での酸素供給を低下させるが、それはただちに胎児の低酸素血症を引き起こすことはない。しかし胎盤機能が低下している場合はその影響が大きくなり胎児は容易に低酸素血症となる。そのため遅発一過性徐脈は utero-placental insufficiency を表すといわれた。

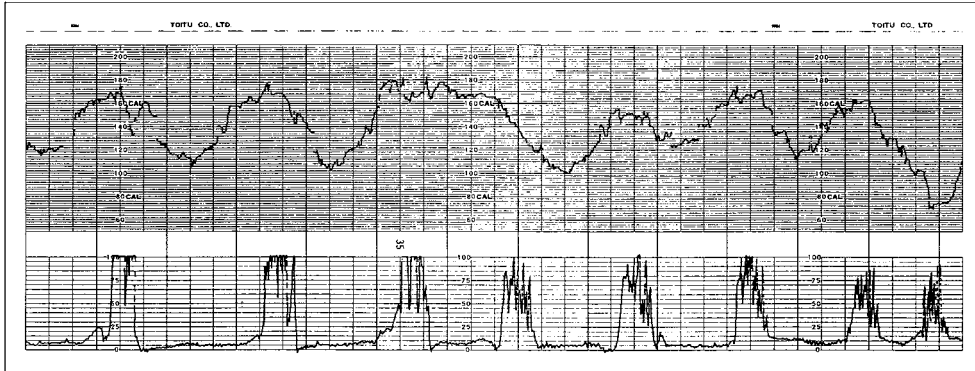
心拍数が低下するメカニズムとしては、“胎児血 PO_2 の低下→化学受容器の刺激→交感神経の興奮→胎児血圧の上昇→圧受容器の刺激→迷走神経の興奮→心拍数の低下”の経路が考えられている(圧受容器を介す経路ではなく PO_2 の低下が直接迷走神経を刺激し心拍数を低下させるとの説もある)。胎児血 PO_2 の低下が化学受容器を刺激するまでには時間が掛かる。子宮収縮開始から、絨毛間腔の PO_2 が低下し O_2 の transport が減少、そのために臍帯静脈 PO_2 が低下し、その血液が頸動脈の化学受容器に到達するまでが心拍数低下までの lag-time となる。また、 PO_2 が化学受容器が低酸素と感じ反応するレベルに下がるまでの時間は、胎児の本来の状態にも影響される。すなわち元来、胎児血 PO_2 が低めであれば子宮収縮の開始から心拍数の低下までの lag-time は短くなるといわれている(Myers et al.¹⁰⁾ 1973)。



(図 C-18-5) 妊娠 39 週、子宮口 5cm 開大で認められた早発一過性徐脈
一過性徐脈は子宮収縮とほぼ対称形になっている。心拍数基線は 160bpm で、このチャートでは細変動は減少しているが、この後正常の細変動がみられ、胎児ジストレスのパターンは出現せず、正常経腔分娩となった。児体重 2,238g, Ap スコア 8 点

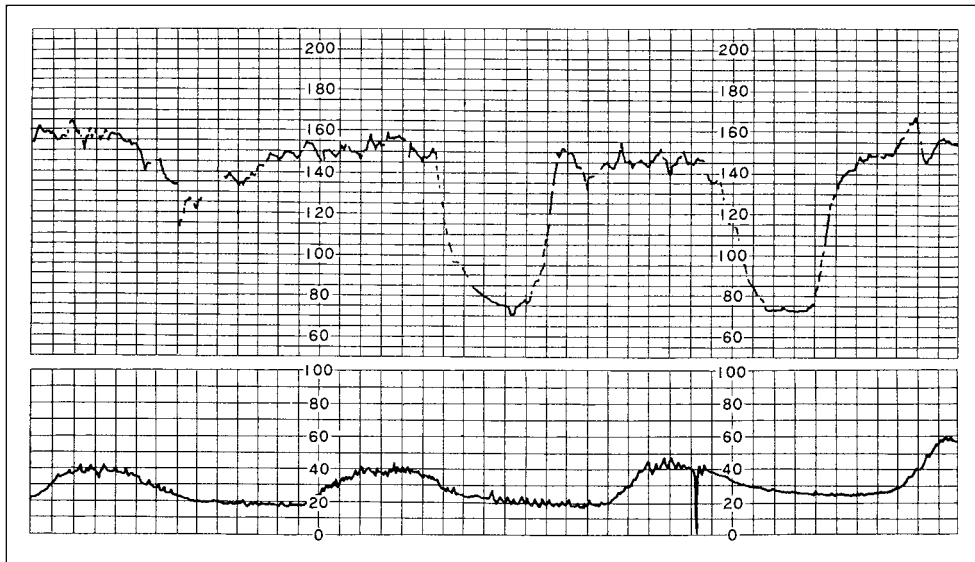
一方、遅発一過性徐脈では、迷走神経反射を介さない、心筋の機能抑制による心拍数低下のメカニズムも考えられている(Martin¹¹⁾1985)。この場合、胎児の低酸素状態は重症で、アシドーシスに陥っており、基線細変動が減少または消失していることが多い。したがって基線細変動の状態が遅発一過性徐脈の重症度を左右すると考えてよい。

遅発一過性徐脈は、子宮収縮により胎児血 PO₂が一定のレベル以下になる母体側の因子(低血圧、重症の貧血、血管の収縮、過強陣痛、子宮破裂、など)や胎盤の因子(胎盤早期



(図 C-18-6) 妊娠 38 週，分娩第 2 期に認められた遅発一過性徐脈

子宮収縮から遅れて出現するほぼ同様の形状をした一過性徐脈である。心拍数基線は軽度頻脈と判定されるが、細変動は正常である。数分後、鉗子分娩となった。児体重 2,850g, Ap スコア 9 点, UA pH : 7.23, PO₂ : 13.0mmHg



(図 C-18-7) 妊娠 34 週，妊娠中毒症例で分娩開始後しばらくして認められた遅発一過性徐脈。心拍数基線の細変動は保たれている。このパターンは突然出現し、胎盤早期剥離によるものであった。ただちに帝王切開が施行された。児体重 2,190g, Ap スコア 5 点

剥離、妊娠中毒症や糖尿病合併妊娠などによる胎盤機能不全など)を有する症例および、既に胎児が低酸素状態に陥っている症例にみられるパターンで、基線細変動の状態によらず胎児ジストレスと診断される(図 C-18-6, 図 C-18-7)。

c) 変動一過性徐脈 variable deceleration

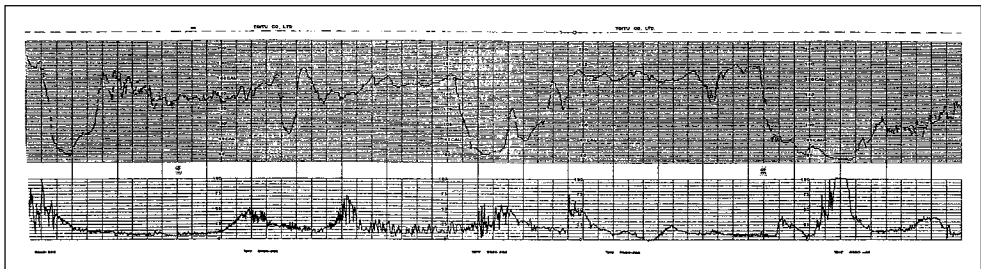
変動一過性徐脈とは、15bpm以上の心拍数減少が30秒未満での経過で急速に起こり、その開始から元に戻るまで15秒以上2分未満を要するものをいう。子宮収縮に伴って出現する場合は、その発現は一定の形をとらず、下降度、持続時間は子宮収縮ごとに変動する。分娩中最も高頻度に見られるパターンで、Melchior et al.¹²⁾(1985)は子宮口5cm開大までの間に約40%、分娩の終了までには83%に認められると報告している。

原因は臍帯圧迫 cord compression とされている。臍帯は、特に異常がなくても、子宮収縮時にしばしば胎児と子宮壁の間に挟まれ圧迫される。それによる臍帯血行の障害(多くは部分的遮断)が心拍数の低下を引き起こす(必ずしも物理的な圧迫だけではなく、刺激により臍帯血管が収縮する場合も考えられている)。破水後など羊水が少ない場合や何らかの臍帯の異常(卵膜付着、過長・過短、過捻転、巻絡など)があれば臍帯圧迫とそれによる臍帯血行の遮断が生じやすく、このような例では変動一過性徐脈は出現しやすい。

心拍数低下のメカニズムとしては、臍帯圧迫による動脈の血流障害が胎児の血圧上昇を引き起こし(心拍出量の約40%が臍帯血流であるためこの影響は大きい)、圧受容器を介した迷走神経反射により心拍数が低下すると考えられている。圧迫の程度が軽く静脈の血流のみ障害されたときは血圧の低下により一過性の心拍数上昇を示すことがある。そのため変動一過性徐脈ではその始まりや終わりに一過性頻脈を伴う波形がしばしば認められる。臍帯血流の遮断は、ある期間続けば胎児血 PO_2 の低下に繋がり、化学受容器を介した心拍数変化も加わってくる。

胎児の各部と臍帯の位置は子宮収縮の度に変化する可能性があり、圧迫の箇所や程度は異なることが多く、したがって一過性徐脈の波形や子宮収縮との時間関係が変化すると考えられている。一方、臍帯に異常がある場合や、下垂等で一箇所に陥入した場合などは、比較的 uniform な波形の続くことがある。

変動一過性徐脈は、基本的に臍帯圧迫による迷走神経反射によるものであるから、それ自体は胎児状態の悪化を意味しない。しかし、強い血流遮断が長く続く場合や繰り返し発生する場合は胎児血 PO_2 が低下する。このような場合、胎児は低酸素状態・アシドーシスに陥る可能性がある。したがって変動一過性徐脈は軽度と高度に細分類し、高度変動一過性徐脈が繰り返し出現する場合のみ胎児ジストレスと判断する(図 C-18-8)。ACOG¹³⁾



(図 C-18-8) 妊娠 39 週、骨盤位の分娩第 2 期に認められた高度な変動一過性徐脈
心拍数の下降は急峻で、一過性徐脈の形状はそれぞれ著しく異なり、子宮収縮の始まりと一過性徐脈の始まりとの時間関係も定まっていない。一過性徐脈の最下点も 60bpm 以下で持続時間も数分に及ぶものがある。10 分後に帝王切開が施行された。児体重 2,293g, Ap スコア 8 点

(1995)では、心拍数最下点が70bpm未滿60秒を超えて持続するものを significant variable deceleration と定義している。

変動一過性徐脈のうち、随伴する一過性頻脈のないパターン、心拍数回復が穏やかで遅れるパターン、一度回復した心拍数が再度低下しW字型を呈するパターンなどが要注意(臍帯血 pH が低かった)との報告もある(Krebs et al.¹⁴⁾1983)。しかし変動一過性徐脈は予後も variable であり、分娩後の児の状態は波形から予測したよりよいことも悪いこともあり、決定的な判断が困難な例も少なくない。

d) 遷延一過性徐脈 prolonged deceleration

遷延一過性徐脈とは心拍数の減少が15bpm以上で、開始から元に戻るまでの時間が2分以上10分未滿の徐脈をいう。それ以上持続する場合は徐脈と診断される。

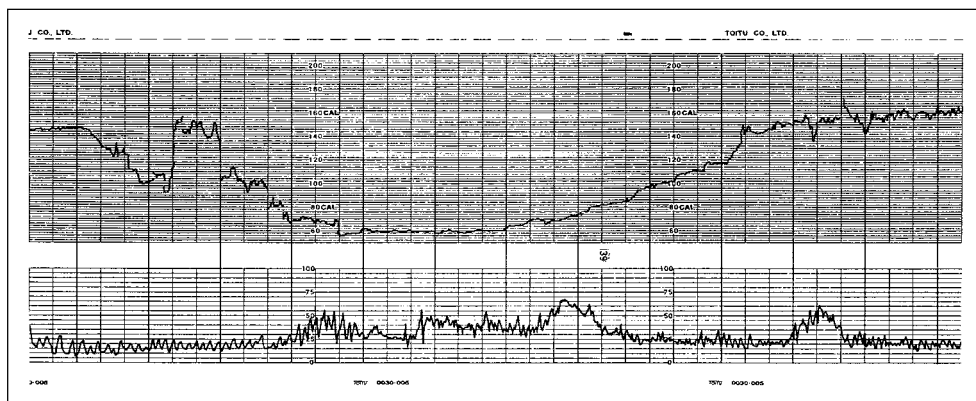
心拍数は通常100bpm以下となるが、心拍数基線より30bpm以上低下する場合に意味があるとの報告もある(Tejani et al.¹⁵⁾1975)。長く持続した場合、正常に復するまでに一時的な頻脈や基線細変動の低下を認めることがある。

遷延一過性徐脈は分娩第1, 第2期共にみられるが、単発か、繰り返すか、また原因によりリスクは異なる。これまで報告されている原因としては、内診などによる刺激、過強陣痛、臍帯圧迫、臍帯脱出、仰臥位低血圧症候群、硬膜外麻酔等による母体低血圧、胎盤早期剥離、子癇発作や癲癇発作、娩出直前のいきみ、などが挙げられる。心拍数低下が長びくメカニズムは、単純な胎児低酸素血症の持続以外に迷走神経反射で生じた低心拍数による心拍出量の減少が低酸素状態を引き起こし、低心拍出量であることがさらに低酸素からの回復を遅らせることなどが考えられる。原因がなくなり単発で正常パターンに回復する時は児の予後はよいことが多いと報告されているが、急速遂娩に踏み切るかどうかは現場の状況により決定されるべきである(図 C-18-9)。

③胎児心拍数基線細変動 FHR-baseline variability

胎児心拍数基線の細かい心拍数の変動を胎児心拍数基線細変動と呼び、それはさらにSTVとLTVに分類される。






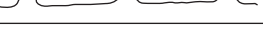


胎児心拍数基線細変動は1分間に2サイクル以上の胎児心拍数の変動であり、振幅、周波数とも規則性がないものをいう。細変動は振幅の大きさによって4段階に分類され



(図 C-18-9) 妊娠 41 週、分娩第 1 期に認められた遷延一過性徐脈

一過性徐脈の最下点は 60bpm、約 7 分持続、回復後基線は頻脈となりつつあるが、細変動は減少していない。約 1 時間後に同様のパターンが再度出現したため帝王切開が施行された。臍帯が児頭の耳の付近にあり、臍帯圧迫が原因と考えられた。児体重 3,072g, Ap スコア 5 点

(表 C-18-3) 胎児心拍数基線細変動の分類

分類	シエーマ	
1. 細変動消失 (undetectable) 肉眼的に認められない	FHR	
	UC	
2. 細変動減少 (minimal) 5 bpm 以下	FHR	
	UC	
3. 細変動中等度 (moderate) 6~25 bpm	FHR	
	UC	
4. 細変動増加 (marked) 26 bpm 以上	FHR	
	UC	

る(表 C-18-3)。周産期委員会の定義では sinusoidal pattern はこの細変動の分類には入れない。また STV, LTV の表現も用いないことになった。

a. 心拍数基線細変動の制御と意義

心拍数は、基本的に心臓調節中枢(延髄)からの自律神経支配により制御されており、交感神経および副交感神経系の協働作用の生理的なふれが心拍数基線細変動の根本的な発生要因である。それに加えて、種々な生理機構が基線細変動に影響を与えている。胎動や胎児呼吸様運動は基線細変動を増加させる(Granat et al.¹⁶⁾1979, Dawes et al.¹⁷⁾1981)。胎児の behavioral state も基線細変動に影響を与え、一般に REM state では non-REM state より基線細変動が大きい(Van Geijn et al.¹⁸⁾1980)。また基線細変動は妊娠週数が進むにつれ増加する。これは自律神経系の機能発達のためと考えられている(Pillai et al.¹⁹⁾1990)。さらに頻脈では基線細変動は減少する傾向にある。一拍ごとの R-R 間隔が短くなりその差も小さくなるためである。

病的状態の変化として、動物実験の成績から、胎児の急性の低酸素状態では基線細変動は増加する(Ikenoue et al.²⁰⁾1981)が、低酸素状態が持続し代謝性アシドーシスに陥ると減少する。この場合の基線細変動の減少、消失には自律神経系の機能抑制と心臓自体の活動抑制が関与することが報告されている(岡井²¹⁾²²⁾1984, Dawes²³⁾1985)。

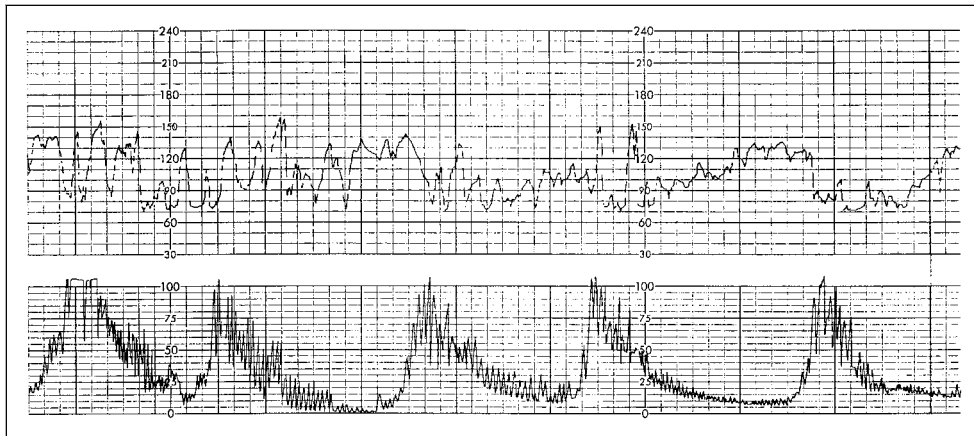
基線細変動は臍帯圧迫で異常に増加することがある。心拍数基線が大きく上下するこの特有のパターンは saltatory パターンと呼ばれる(Hammacher et al.²⁴⁾1968, Leveno et al.²⁵⁾1984)(図 C-18-10)。その他の胎児への刺激等も一般的には基線細変動を増加させる。また期外収縮などの arrhythmia も心拍数図上は基線細変動の増加とみえることがある。

分娩中の心拍数図の解釈においては、基線細変動の増加は胎児ジストレスの sign とはされていない。

b. 心拍数基線細変動の減少・消失

基線細変動の減少・消失は表 C-18-4 に示す胎児状況を考える必要があり、②～⑤が否定されたときは胎児ジストレスと診断される(④～⑤は消失になることはない)。

Murata et al.²⁶⁾(1982)は動物実験において低酸素のため状態が悪化してゆく胎仔で見られる最初の sign は遅発一過性徐脈であるが、基線細変動はアシドーシスが進行して消失することを報告している。



(図 C-18-10) 妊娠 39 週，分娩第 2 期に認められた心拍数基線細変動の増加
 基線細変動は 60bpm に及ぶ所もある。後半には変動一過性徐脈が出現しており臍帯圧迫が疑われた。この後高度の変動一過性徐脈が頻発したため，鉗子分娩となった。児体重：3,230g，Ap スコア：7 点

基線細変動の減少・消失は胎児アシドーシスの最も重要な指標である。特に，子宮収縮のない妊娠中の心拍数図では一過性徐脈が認められないことが多いため基線細変動の評価は一層重要となる。

c. sinusoidal pattern

周産期委員会の定義では，sinusoidal pattern は心拍数曲線が規則的でなめらかなサイン曲線を示すものをいい，持続時間は問わず，1 分間に 2～6 サイクルで振幅は平均 5～15bpm であり，大きくても 36bpm 以下の波形を称する，とされている。当初は Rh 不適合妊娠における重症の胎児貧血で認められると報告されたが (Manseau et al.²⁷⁾ 1972)，その後このパターンは母体へのある種の薬剤投与，臍帯圧迫，子宮内感染，胎児ストレスなどでもみられることが報告されている。

sinusoidal pattern 出現のメカニズムには不明な点が多いが，Murata et al.²⁸⁾ (1985) が動物実験で迷走神経遮断により sinusoidal pattern を出現させたことや心拍数制御のメカニズ

(表 C-18-4) 胎児心拍数基線細変動の消失・減少の原因

- ①胎児のアシドーシス
高度または長期の胎児低酸素状態
母体のケトアシドーシスなど
- ②母体への薬剤投与
鎮静・鎮痛剤，麻酔薬
自律神経遮断薬，向心臓薬など
- ③胎児疾患
中枢神経疾患，A-V ブロックなど
- ④在胎週数の早い胎児
- ⑤胎児の non-REM state

(表 C-18-5) 予後不良の sinusoidal pattern

1. 心拍数基線は 120～160bpm で安定
2. 振幅は 5～15bpm (それ以上はまれ)
3. 周期は 2～5 cpm (cycle per minute)
4. STV は減少か低下
5. 基線から上下への正弦波様振動
6. 一過性頻脈がない

(Modanlou et al. 1982)

ムから、中枢神経系の機能異常や自律神経系の機能不全が考えられている。胎児心拍数基線が正弦波様にみえるパターンは分娩中にしばしば出現し、予後は悪くないことの方が多。そこで、胎児の予後不良を示唆するパターンとしての定義が提唱されている。Modanlou et al.²⁹⁾(1982)は、表 C-18-5 の 6 項目を挙げている。

以上のような厳密な基準で sinusoidal pattern を規定しても、このパターンは児に問題のない分娩例の4%にみられるとの報告もあり(Egley et al.³⁰⁾1991)、分娩中に認められるこのパターンの病的意義については確立された見解は得られていない。一方、佐藤(郁)³¹⁾(1993)は日産婦 ME 委員会での症例の検討から、予後不良例での本パターンは週数が早く、30週頃の妊娠中に認められ、持続時間は10分程度以上であり(図 C-18-13)、一方分娩中にみられる本パターンは妊娠週数を問わず一般に予後良好であると記している。

3) 児頭採血による pH 測定

分娩時に CTG より胎児ジストレスが疑われるが断定できない場合や、心拍数の正確な情報が得られない場合に施行されることがあるが、近年その施行頻度は低下している。

本検査により、帝王切開の頻度を低下させられるとの報告(Young et al.³²⁾1980)もあるが、母児に対する侵襲性と検査の煩雑さに加え、頻回に検査を必要とすることなどから、Clark et al.³³⁾(1985)は本検査は症例により有意義なこともあるが、実地臨床では重視すべきでないと主張している。

検査手技：子宮口が充分開大し破水している症例で、専用の羊水鏡にて先進部の児頭皮膚を露出させ、長柄のメスで児頭に深さ約2mmの小切開を加える。切開創部の微量の血液をヘパリン加毛細管に採血しただちに pH を測定する。

判定基準：代表的な判定基準を以下に示す。

pH	判定	対応
> 7.25	正常	経過観察
7.20 ~ 7.25	胎児ジストレス疑い	30分以内に再検査
< 7.20	胎児ジストレス	ただちに再検査
		pH < 7.20 急速遂娩
		pH ≥ 7.20 周期的検査

(Zalar and Quilligan³⁴⁾ 1979)

問題点：

- ①児頭の pH は局所の静脈血の値であるため、局所の循環動態が影響し、必ずしも全身の状態を表わしていないことがある。
- ②母体の状態が反映される。例えば母体が過呼吸で PCO₂ が低値の場合、胎児血 PCO₂ も低下するため、BE が低値でも pH は正常値を示すことがある。

4) 妊娠中の心拍数モニタリング

(1) Non-stress Test(NST)

NST は、CST の false positive を減少させることおよび検査の簡便性、無侵襲性が評価されたことなどから近年その重要性が増しつつある。

.....

①実施方法

自然の状態で、ドプラ心拍数計を用いて胎児心拍数を連続記録する。同時に子宮収縮の記録のため陣痛計も装着する。下大静脈の圧迫を避けるため、母体は仰臥位より半坐位が望ましく血圧の測定も行う。胎動計の装着は必ずしも必要ではないが、胎動の情報は参考となる(一過性頻脈は胎動に伴い出現するため、かつては胎動も同時に記録することが重要視されたが、現在の多くの判定基準には胎動自体は含まれていない。妊婦に胎動をチェックさせることも同様である)。

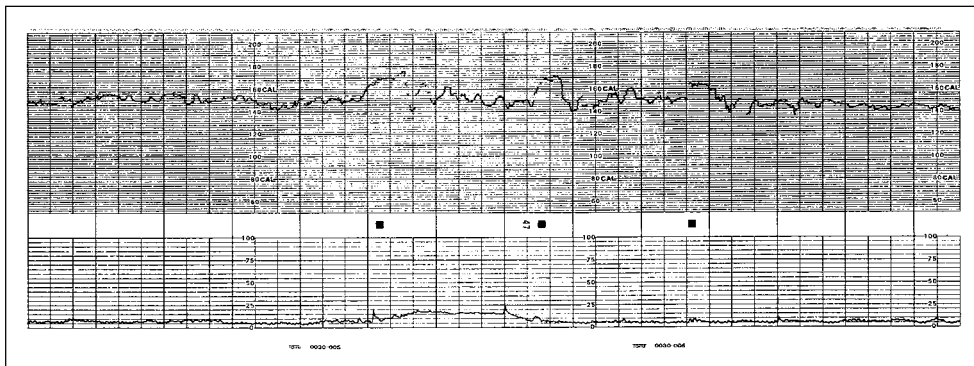
②判定基準

数多くの判定基準が提唱されているが、現在日本で最も一般的な基準は Schiffrin et al.³⁵⁾ (1979)の提唱した基準で、40分間の記録中の任意の20分間に、15bpm以上15秒以上持続する一過性頻脈が2つ以上みられる記録を reactive NST と判定しそれ以外を non-reactive NST と判定する(図 C-18-11)。

健康な胎児でも最長75～80分位は胎動のないこともあり、non-reactive の判定にはより長い記録を必要との意見もあるが、実際には80分の記録で漸く reactive となる胎児の予後は悪いとの報告もあり(Brown et al.³⁶⁾1981)、判定基準としての時間は40～60分が適応されることが多い。

一過性頻脈の振幅は妊娠週数が早い時期は小さい傾向があり、15bpm以上が適応されるのは妊娠30～32週以降とするのが一般的である。それ以前の例では一過性頻脈の振幅も小さく出現頻度も低下することを念頭に慎重に判定する必要があるが、10bpm以上の心拍上昇を一過性頻脈とし reactive NST と判定することは可能との意見もある。ただし早い週数では non-reactive の明確な判定基準の設定は困難である。

一過性頻脈は、心臓調節中枢の脊髄の上胸部節より起こる交感神経線維の刺激により生じ、それは間脳(視床下部)の支配を受けている(Lavery³⁷⁾1982)。一過性頻脈の発生は胎動と関連が深い。上妻³⁸⁾(1987)によると胎動のなかでも上肢・下肢のみの運動では一過性頻脈の出現頻度は10%程度と低いが、躯幹の運動を伴う強い胎動では50%程度に一過性頻脈がみられる。胎動に伴いそれが出現する頻度は妊娠週数が早いほど低くなる。また一過性頻脈が生じた時は90%の例で何らかの胎動を伴う。一過性頻脈はその他、刺激、子宮収縮、臍帯圧迫などに伴って出現することもある。



(図 C-18-11) 妊娠 38 週，糖尿病合併妊娠で IUGR が疑われた例の NST 胎動(■印)に伴う acceleration が認められ reactive と判定された。心拍数基線は 150bpm，細変動も正常である。1 週間後，正常経陰分娩となった。
児体重：2,345g，Ap スコア：9 点

③胎児 well-being の評価

NSTで reactive と判定された場合、胎児状態がよいことへの predictive value は高い。胎盤早期剥離や臍帯のトラブルなどでその後胎児の状態が急激に悪化することはあり得るが、chronic な胎児の状態が良好であることは通常99%以上の精度で保障される。ただし、過期妊娠と、子宮内感染に関してはこの精度が低くなるとの報告もある(Smith et al.³⁹⁾ 1987)。

一方、non-reactive NST と判定された場合は、胎児の状態が悪いことへの predictive value は50%程度と考えられている。さらに、Devoe et al.⁴⁰⁾(1986)は一過性頻脈が基準を満たさないため non-reactive とした症例の90%は false positive であったと報告している。したがって、基線細変動の消失や遅発一過性徐脈を伴わない non-reactive NST の例では、CST を施行するか、biophysical profile や胎児血流速度波形計測などの検査データを参考に well-being の判定を行う必要がある。

non-reactive NST の胎児の状態が悪いことに対する false positive の原因としては、母体への薬剤投与、麻酔、胎児の先天性中枢神経疾患に加えて、胎児の behavioral rhythm に胎動の少ない non-REM state が存在することが挙げられる。すなわち、non-REM state では胎動も少なく一過性頻脈も少ない。通常妊娠末期では、non-REM state は20～30分で REM state に移行する(Okai et al.⁴¹⁾1992)が、それが40分近く続く場合は、NST の判定は non-reactive とされることとなる。ただし、non-REM state が長く続くこと自体が胎児状況の悪化を意味するとの報告もある(Shinozuka et al.⁴²⁾1989)。

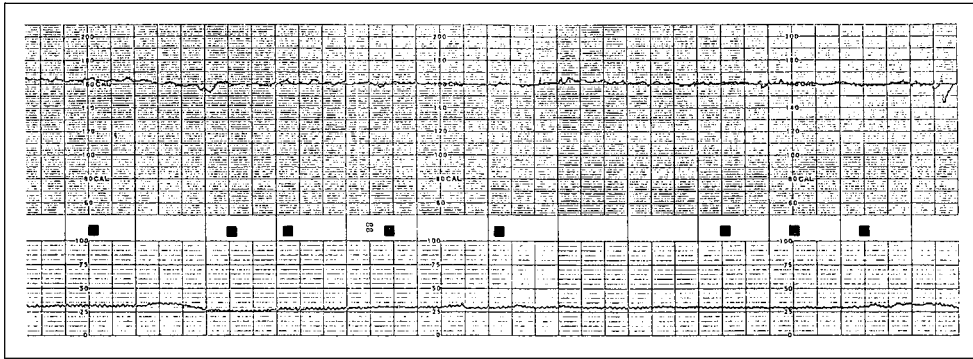
この non-REM state の胎児に音響刺激(acoustic stimulation)を加え behavioral state を変える試みや、刺激に対する反応としての一過性頻脈をみようと試みる試みもなされたが、現在その有用性はあまり高く評価されていない(Romero et al.⁴³⁾1988)。

一方、NST を施行中に子宮収縮が認められ、それに伴い一過性徐脈が出現することはしばしば経験される。それを遅発一過性徐脈と判定したときは、胎児ジストレスと診断し帝王切開を施行する。それが変動一過性徐脈のときは通常胎児の状態は悪くはないが(Meis et al.⁴⁴⁾1986)、臍帯因子による一過性徐脈によるものであるため、分娩時にも臍帯圧迫などの問題が生じやすいとの報告もある(O'Leary et al.⁴⁵⁾1980, Grubb et al.⁴⁶⁾1992)。ACOG(1999)は30秒未満の頻発しない変動一過性徐脈は問題ないとしている。また変動一過性徐脈は子宮収縮がないときにもみられ、胎動に伴うといわれている(Timor-Tritsch et al.⁴⁷⁾1978)。この胎動に伴う一過性徐脈は妊娠週数が早いときによく認められる。

遅発一過性徐脈が変動一過性徐脈かの判定は、基本的に分娩中の胎児心拍数陣痛図の解読と同じであるが、陣痛が規則的に出現しないため、判断が困難な場合もある。そのようなときは NST を長くまたは繰返し記録し総合的に判定する必要がある。

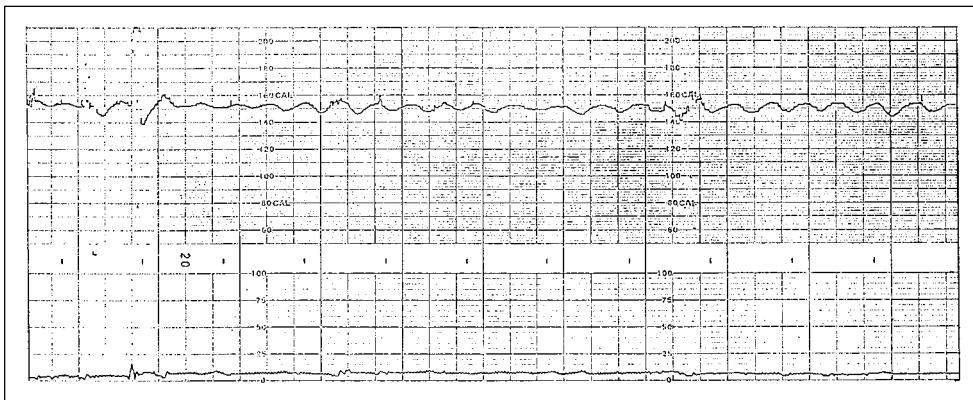
分娩中の心拍数パターンで胎児ジストレスと診断されるパターンは、NST でも胎児ジストレスと判断するのが一般的であるが、特に基線細変動の減少または消失は重要である(図 C-18-12, C-18-14)。NST は本来、chronic な胎児の状態の検査である。種々な high-risk 妊娠、特に胎盤機能の低下が疑われる IUGR 例などでは、低酸素状態の長期の持続により胎児のアシドーシスが徐々に進行してゆくため、基線細変動の減少が特徴的にみられる。non-reactive+loss of variability 例では児の予後が悪いことは古くから報告されており、現在では、できればそのような状態に至る前に娩出させることが求められている。ただし、週数が早い例では判定は慎重に行う必要がある。

NST は、当初 1 週間の間隔で施行するのがよいといわれていたが、最近はリスクや状況に応じて週数回、特にリスクが高い例では連日施行されるようになってきている。上記状態に至る前の対応が要求されるからである。



(図 C-18-12) 妊娠 31 週, 双胎間輸血症候群受血児の NST

胎動(■印)は認められるが、一過性頻脈はみられず細変動も著しく減少している。引き続き 60 分の記録でも一過性頻脈がみられないので non-reactive と判定された。この後帝王切開が施行された。児体重：2,018g, Ap スコア：1 点



(図 C-18-13) 妊娠 32 週, 母子間輸血症候群供血児の sinusoidal pattern

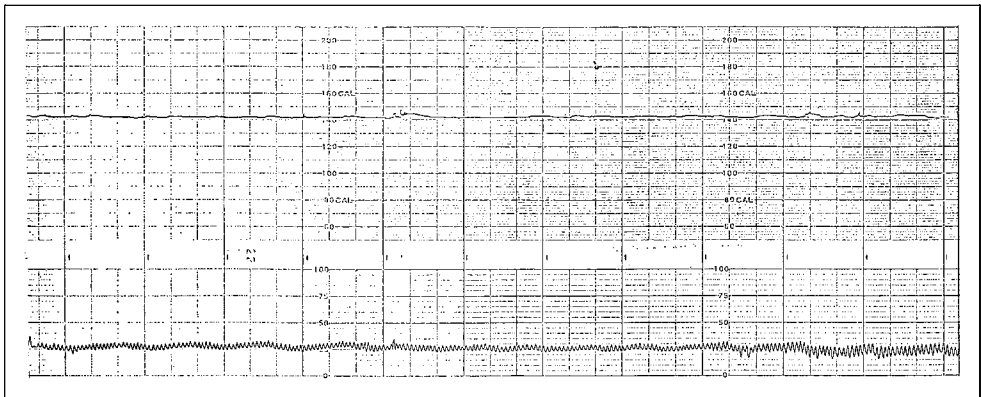
切迫早産で入院中の NST で, 3cpm 程度のサインカーブ状のゆるやかな基線細変動がみられる。このパターンが約 10 分持続し, その後図 C-18-14 のパターンに移行した。

(2) contraction stress test (CST)

胎盤機能の異常が疑われる例で, 人工的に子宮収縮を起こし, その負荷に対する胎児心拍数の変化で胎児の状態を判定する方法である。Ray et al.⁴⁸⁾(1972)はオキシトシンで子宮収縮を誘発する方法を開発し oxytocin challenge test(OCT)と名付けたが, 近年, 用語としては CST の方が一般的である。

①適応と禁忌

本検査の適応は, 妊娠中毒症, 子宮内発育遅延, 糖尿病合併妊娠, 過期妊娠など胎盤機能不全の疑われる症例であるが, 最近では NST が reactive な症例では CST は施行せず, NST が non-reactive で明らかな胎児ジストレスの心拍数パターンを示さない例で施行されるのが一般的である(さらに最近では, CST を行わず, biophysical profile score (Manning et al.⁴⁹⁾1984)で胎児 well-being の評価を行う方針の施設も増えている)。



(図 C-18-14) 心拍数基線細変動の消失(図 C-18-13 の 10 分後)

心拍数基線は 142bpm で平坦，細変動消失と診断され，直後に帝王切開が施行された．児体重 2,004g, Ap スコア 2 点, Hb 4.1g/dl

禁忌としては，早産，子宮破裂，出血のリスクのある症例と明らかな胎児ジストレス例が考えられ，具体的には切迫早産，前期破水，頸管無力症，多胎，羊水過多，古典的帝王切開既往例，子宮筋腫核出術後例(内膜に及ぶ子宮筋の手術創)，前置胎盤，前置血管などが挙げられる．

②検査の実施法

体位は，仰臥位低血圧を引き起こさないように半坐位とし，検査前および検査開始後 15 分ごと程度に血圧を測定する．子宮収縮を誘発する前に自然の状態で子宮収縮と胎児心拍数図を記録し，この間に，10 分間に 3 回以上の子宮収縮があればそれをもって CST の判定を行う．明らかな胎児ジストレスパターンが認められず，上記子宮収縮がないときに子宮収縮を誘発する．

a. オキシトシン投与による方法

オキシトシン 5U を 5% 糖液 500ml に混入し，輸液ポンプで持続点滴する．点滴速度を 0.5mU/分(3ml/時)で開始し，40～60 秒持続する子宮収縮が 10 分間に 3 回認められるようになるまで，15～20 分ごとに注入量を増加させる．点滴速度は最初のうちは倍増させるが，子宮収縮がみられるようになったら穏やかに増加させる．通常 8～10mU/分(48～60ml/時)以上を必要とすることはないが，最高用量は 20mU/分(120ml/時)までとする．適切な子宮収縮が 10 分間に 3 回みられ CST を判定したらオキシトシンを中止する．

b. nipple stimulation による方法

服の上からまたはタオルの上から乳頭に手掌を用いて回転刺激もしくは牽引刺激を 2 分間加える．子宮収縮が誘発されるまでこれを数回繰返す．本法による子宮の過剰収縮の報告は少ないが，適切な子宮収縮が得られない例は 0～40% と報告されている(Huddleston⁵¹⁾1984, Lenke⁵²⁾1984)．

米国では一時普及したが，本法を好まない妊婦も少なくないので同意を得て施行する必要がある．

③判定基準と評価

子宮収縮に伴う遅発一過性徐脈出現の有無により positive CST または negative CST と判定するのが基本であるが，曖昧な結果も少なくない．表 C-18-6 に ACOG(1999)の提唱する判定基準を示す．

(表 C-18-6) CST 結果の分類

判定	所見
Negative	適切な子宮収縮（10 分間に 3 回）または過剰な子宮収縮の状態では late deceleration または significant variable deceleration がみられない。
Positive	適切かまたは不十分な子宮収縮の状態では late deceleration が過半数の子宮収縮に伴ってみられる。
Equivocal-suspicious	子宮収縮の半数以下に伴った late deceleration または significant variable deceleration がみられる。
Equivocal-hyperstimulatory	90 秒以上以上続くまたは 2 分周期以内の子宮収縮がありそれに伴う deceleration がみられる。
Unsatisfactory	適切な子宮収縮が得られないまたは良好な胎児心拍数記録が得られない。

(Freeman⁵⁰⁾ (1981) を ACOG が改変, 1999)

CST は子宮収縮という負荷を与える検査であるため、胎児状態の悪化(低酸素状態)を検出する最も鋭敏な検査法である。したがって negative CST の場合は児の状態はよく、突発的な異変がない限り 1 週間程度の期間は児死亡に至ることがきわめて稀(0.4/1,000)と報告されている(Freeman et al.⁵³1982)。

一方、児の状態が悪いことに対する false positive の率は高く、positive CST で児がその後通常の分娩に耐えられた例は、25%(Freeman et al.⁵⁴1976)~75%(Gauthier et al.⁵⁵1979)と報告されている。

CST の結果が equivocal(suspicious, hyperstimulatory)、または unsatisfactory の場合は日を改めて再検するか、NST や BPS により胎児の状態を評価する。

《参考文献》

- Hon EH. The electronic evaluation of the fetal heart rate. Am J Obstet Gynecol 1958; 75: 1215
- Hon EH. An atlas fetal heart rate pattern. New Heaven conn: Hardy Press Inc. 1968
- 穂垣正暢, 他. 実時間自己相関による胎児心拍計測システム. 1977; 第16回 ME 学会大会論文集: 150
- 周産期委員会報告. 日産婦誌 2003; 55: 1205—1216
- Gilstrap WC, et al. Second-stage fetal heart rate abnormalities and type of neonatal acidemia. Obstet Gynecol 1987; 70: 191
- Freeman RK, et al. Fetal Heart Rate Monitoring, 2nd ed. Baltimore; Williams & Wilkins 1991
- American college of obstetricians and Gynecologists. Intrapartum fetal heart rate monitoring. Technical bulletin 1989; No. 132, September
- Young BK, et al. Moderate fetal bradycardia. Am J Obstet Gynecol 1976; 126: 271
- Ball RH, et al. The physiologic mechanisms of variable decelerations. Am J Obstet Gynecol 1992; 166: 1683
- Myers RE, et al. Predictability of the state of fetal oxygenation from a quantitative analysis of the components of the late deceleration. Am J Obstet Gynecol 1973; 115: 1083

11. Martin CB. Pharmacological aspects of fetal heart rate regulation during hypoxia. In : Künzel W, ed. Fetal heart rate monitoring. Berlin ; Springer-Verlag, 1985
 12. Melchior J, et al. Incidence and pattern of fetal heart rate alterations during labor. In : Künzel W, ed. Fetal Heart Rate Monitoring. Berlin ; Springer-Verlag, 1985
 13. American College of Obstetricians and Gynecologists. Fetal heart rate patterns : Monitoring, interpretation, and management. Technical Bulletin 1995 ; No. 207, July
 14. Krebs HK, et al. Intrapartum fetal heart rate monitoring. VII. Atypical variable decelerations. Am J Obstet Gynecol 1983 ; 145 : 297
 15. Tejani N, et al. Prolonged fetal bradycardia with recovery—its significance and outcome. Am J Obstet Gynecol 1975 ; 122 : 975
 16. Granat M, et al. Short-term cycles in human fetal activity. Am J Obstet Gynecol 1979 ; 134 : 696
 17. Dawes GS, et al. Numerical analysis of the human fetal heart rate : Modulation by breathing and movement. Am J Obstet Gynecol 1981 ; 140 : 535
 18. Van Geijn HP, et al. Heart rate as an indicator of the behavioral state. Am J Obstet Gynecol 1980 ; 136 : 1061
 19. Pillai M, et al. The development of fetal heart rate patterns during normal pregnancy. Obstet Gynecol 1990 ; 76 : 812
 20. Ikenoue T, et al. Effect of acute hypoxemia and respiratory acidosis on the fetal heart rate in monkeys. Am J Obstet Gynecol 1981 ; 141 : 797
 21. 岡井 崇. 低酸素状態における FHR variability の動態に関する研究—日本シバヤギ胎仔 chronic preparation 法を用いて—。日産婦誌 1984 ; 36 : 539—548
 22. 岡井 崇. 自律神経遮断薬・ β アドレナリン作動薬並びにコリン作動薬の FHR variability に及ぼす影響—日本シバヤギ胎仔 chronic preparation 法を用いて—。日産婦誌 1984 ; 36 : 1822—1830
 23. Dawes GS. The control of fetal heart rate and its variability in counts. Künzel Wed. Fetal Heart Rate Monitoring. Berlin ; Springer-Verlag, 1985
 24. Hammacher K, et al. Foetal heart frequency and perinatal conditions of the fetus and newborn. Gynaecologia 1968 ; 166 : 349
 25. Leveno KJ, et al. Prolonged pregnancy. Observations concerning the causes of fetal distress. Am J Obstet Gynecol 1984 ; 150 : 465
 26. Murata Y, et al. Fetal heart rate accelerations and late decelerations during the course of intrauterine death in chronically catheterized rhesus monkeys. Am J Obstet Gynecol 1982 ; 144 : 218
 27. Manseau P, et al. Sinusoidal fetal cardiac rhythm. An aspect evocative of fetal distress during pregnancy. J Gynecol Obstet Biol Reprod(Paris)1972 ; 1 : 343
 28. Murata Y, et al. Experimentally produced sinusoidal fetal heart rate patterns in the chronically instrumented fetal lamb. Am J Obstet Gynecol 1985 ; 153 : 693
 29. Modanlou H, et al. Sinusoidal fetal heart rate pattern : Its definition and clinical significance. Am J Obstet Gynecol 1982 ; 142 : 1033
 30. Egley CC, et al. Sinusoidal fetal heart rate pattern during labor. Am J Perinatol 1991 ; 8 : 197
-

31. 佐藤郁夫. 胎児仮死の診断—胎児心拍数図の読み方. *New Mook 産婦人科* 5 1993 ; 21
32. Young BK, et al. Sinusoidal fetal heart rate, 1. Clinical significance. *Am J Obstet Gynecol* 1980 ; 136 : 587
33. Clark SL, et al. The scalp stimulation test : A clinical alternative to fetal scalp blood sampling. *Am J Obstet Gynecol* 1984 ; 148 : 274
34. Zalar RW, et al. The influence of scalp sampling on the cesarean section rate for fetal distress. *Am J Obstet Gynecol* 1979 ; 135 : 239
35. Schiffrin BS, et al. Routine fetal heart rate monitoring in the antepartum period. *Obstet Gynecol* 1979 ; 54 : 21
36. Brown R, et al. The nonstress test : How long is enough? *Am J Obstet Gynecol* 1981 ; 141 : 646
37. Lavery JP. Nonstress fetal heart rate testing. *Clin Obstet Gynecol* 1982 ; 25 : 689
38. 上妻志郎. 胎動と胎児心拍acceleration発生の関係. 坂元正一, 水野正彦, 監修. *プリンシプル産婦人科学—産科編* 1987 ; 345
39. Smith CV, et al. Fetal death following antepartum fetal heart rate testing : A review of 65 cases. *Obstet Gynecol* 1987 ; 70 : 18
40. Devoe LD, et al. The nonstress test as a diagnostic test : A critical reappraisal. *Am J Obstet Gynecol* 1986 ; 152 : 1047
41. Okai T, et al. A study on the development of sleep wake fullness cycle in the human fetus. *Early human development* 1992 ; 29 : 391
42. Shinozuka N, et al. Computer—assisted analysis of fetal behavior in fetal abnormalities. *Fetal Therapy* 1989 ; 4 : 97
43. Romero R, et al. A critical appraisal of fetal acoustic stimulation as an antenatal test for fetal well—being. *Obstet Gynecol* 1988 ; 71 : 781
44. Meis PJ, et al. Variable decelerations during nonstress tests are not a sign of fetal compromise. *Am J Obstet Gynecol* 1986 ; 154 : 586
45. O'Leary JA, et al. Variable decelerations and the nonstress test : An indication of cord compromise. *Am J Obstet Gynecol* 1980 ; 137 : 704
46. Grubb DK, et al. Amniotic fluid index and prolonged antepartum fetal heart rate decelerations. *Obstet Gynecol* 1992 ; 79 : 558
47. Timor—Tritsch IE, et al. Studies of antepartum behavioral state in the human fetus at term. *Am J Obstet Gynecol* 1978 ; 132 : 524
48. Ray M, et al. Clinical experience with the oxytocin challenge test. *Am J Obstet Gynecol* 1972 ; 114 : 1
49. Manning FA, et al. Fetal assessment based on fetal biophysical profile scoring, IV. An analysis of perinatal morbidity and mortality. *Am J Obstet Gynecol* 1984 ; 150 : 245
50. Freeman RK. Interpretation of the OCT. Freeman RK, Garite TJ, eds. *Fetal heart rate Monitoring* 1981 ; 116
51. Huddleston JF, et al. Contraction stress test by intermittent nipple stimulation. *Obstet Gynecol* 1984 ; 63 : 669
52. Lenke RR, et al. Use of nipple stimulation to obtain contraction stress test. *Obstet Gynecol* 1984 ; 63 : 345
53. Freeman RK, et al. A prospective multi—institutional study of antepartum fetal

- heart rate monitoring. II. Contraction stress test for primary surveillance. *Am J Obstet Gynecol* 1982 ; 143 : 778
54. Freeman RK, et al. An evaluation of the significance of a positive oxytocin challenge test. *Obstet Gynecol* 1976 ; 47 : 8
55. Gauthier RJ, et al. Antepartum fetal heart rate testing, II. Intrapartum fetal heart rate observation and newborn outcome following a positive contraction stress test. *Am Obstet Gynecol* 1979 ; 133 : 34

〈岡井 崇*〉

*Takashi OKAI

**Department of Obstetrics and Gynecology, Showa University, School of Medicine*

Key words : Cardiotocogram · Fetal heart rate monitoring · Non-reassuring fetal status · Contraction stress test · Non-stress test

索引語 : 胎児心拍数モニタリング, 胎児機能不全, ノンストレステスト, コントラクションストレステスト, 胎児心拍数制御
