

胎児心拍数自動解析及び胎児仮死自動診断と これによる周産期管理改善に関する研究

鳥取大学医学部産科婦人科

前田 一雄・辰村 正人
加藤 一雄・中 嶋 一彦

研究目的

分娩時の胎児監視は産科臨床に不可欠であるが、その最も主要な部分は胎児心拍数図であり、近年の分娩監視装置の導入にともない、周産期死亡率の低下と新生児仮死の減少に大きく貢献している。一方、胎児心拍数図上で異常を診断するには、連続して常時これを観察し解析することが大切である。完全な連続監視には、どうしてもコンピュータによる自動解析と、それによる自動診断が必要であり、これによって胎児異常の早期発見と、胎児仮死の早期治療が完全になる。

我々は昭和48年以来、本研究班で胎児心拍数変動の自動解析を報告してきたが、その基礎となったのは、昭和44年に発表した前田らの胎児心拍数評価点であり、その内容は、胎児心拍数基線レベル、一過性徐脈の持続時間、振幅、最減少心拍数、回復時間、lag time、dipの前後のaccelerationの有無、dipの形態に、それぞれ重みをつけてスコアリングした、定量的診断法である。心拍数評価点(心拍数スコア、FHR score)については、すでに国内外で追試をうけて、その意義が認められており、また、昭和51年には、本研究班で、正常群と心拍数図肉眼診断による胎児仮死群の間で明瞭に異なることを報告した。

研究初期には汎用のミニコンピュータを用いて、また経腔直接誘導心電信号による心拍数出力を利用していたが、雑音が少なく細変動(LTV)の検出が可能な自己相関計方式の分娩監視装置の開発にともない、昭和53年頃から外測法で、ドラブ信号または心音信号を用いた心拍数出力を利用するようにした。さらに、昭和55年には、開発したプログラムをマイクロコンピュータ・システムに移植して、小型の自動胎児診断補助装置を発表し、臨床的に実用化した(昭和55年本研究班報告)。

研究方法

A. 装置の構成

外測法による分娩監視装置の心拍数及び陣痛出力をAD変換したのち、マイクロコンピュータで処理する。CPUは8ビットで、プログラムは数個のIC(PROM)に固定してある。5分ごとの解析診断結果は、小形のデジタル・プリンタで印字する。異常診断時にはリモート警報パネルの該当項目が点灯し、胎児仮死時にはブザーが鳴る。警報装置は、遠く離れた場所にも設置可能である。

B. 解析方法

サンプリング間隔は2秒、解析時間は5分で、心拍数及び陣痛の各信号を、それぞれ150個ずつ収録し解析する。

心拍数基線を求めるには、10bpmごとに20段階に細分し、心拍数データのもっとも多い段階を求め、そのステップのデータを平均して心拍数基線とする。この基線と、心拍数データ変動値から算出した基準線を用い、これよりも低下した値が30秒以上持続し、かつ一程度(細変動により決定)以上減少するときは一過性徐脈(dip)とする。頻脈で、ときどき正常基線に帰るときには徐脈としないようにプログラムしている。心拍数基線レベルと一過性徐脈の状態から心拍数評価点をもとめる。分娩第2期には、パネルのスイッチを押して補正する。

細変動(LTV)は、心拍数データが減少スロープを示すとき、dipを除いて、スロープの振幅を計測し、1分間の平均頻度を算出する。5分間に5bpm以上の変動がないときにはsmooth baselineとし、これが20分以上持続すれば細変動消失とする。

C. 胎児仮死(fetal distress)診断基準

診断には胎児仮死指数(fetal distress index)を用いる。この指数は、心拍数スコア、細変動、late deceleration、頻脈持続などによって決定

される。

1. 胎児仮死指数の計算

胎児仮死指数が1点増加するのは、

- (1) 5分間の心拍数スコアが10~19点のとき、
- (2) 30分以上持続する頻脈(160bpm以上)をみるとき、
- (3) 10分以上持続する徐脈(120bpm以下)をみるとき、
- (4) 細変動消失が20分以上持続するとき、
- (5) late decelerationをみるとき、である。

late decelerationに細変動消失をともなえば、さらに1点を加える。

胎児仮死指数に2点を加えるのは、

- (1) 5分間の心拍数スコアが20点以上のとき、
- (2) 徐脈が30分以上持続するとき、である。

この指数に3点を加えるのは、5分間の心拍数基線レベルが100bpm以下で、その5分間に回復をみないとき、または、100bpm以下に90秒以上減少したまま回復しないときである。

2. 胎児仮死指数による胎児仮死診断

過去15分間の胎児仮死指数の合計値によって診断する。3点以上は明らかな胎児仮死で、FETAL DISTRESS!と印字する。2点は胎児仮死疑い濃厚で、FETAL DISTRESS?と印字する。1点は要注意で監視続行を必要とし、FETAL DISTRESS??と印字する。

D. 胎児心拍数所見の印字記録

5分毎に、胎児心拍数基線値、LTV振幅平均値、LTV数の1分間平均値、5bpm以上のLTVの5分間の総数、dip数を印字し、dipがみられるときは、その持続時間、最少心拍数、回復時間、lag timeを、各dipについて印字する。もしlag timeが20秒以上のときは、TYPE 2 DIPと書きそえる。

また、5分間の陣痛数、子宮収縮面積(内測と外測は表示が異なる)、5分間のacceleration数(5分間と、過去20分間の両者)を記録する。20分間のaccelerationが2よりすくなければ、NON-REACTIVE?と印字する。

そのほか、CORD COMPRESSION?, PROLONGED BRADYCARDIA XMIN, PROLONGED TACHYCARDIA XMIN, 重症の深く長いdip, 100bpm以下の高度徐脈、

遅発一過性徐脈、細変動消失、過度子宮収縮もプリントする。

装置動作不良の表示は本装置の重要な機能であって、雑音が多いときは、INCREASED NOISEと印字し、診断が不確実なことを知らせる。また、トランスジューサが脱落していたら、TRANSDUCER DETACHMENT?と警告して、診断不可能なことを知らせ、また、トランスジューサをおき直すように求める。

研究成績

A. 自動診断の精度

1. ミニコンピュータによる成績

胎児心拍数図の肉眼診断で胎児仮死とした5例は、自動診断のブラインド・テストでいずれも“FETAL DISTRESS!”で、胎児仮死疑いの3例はいずれも“FETAL DISTRESS?”であり、また、要注意例は肉眼診で15例であったのに対して自動診断では16例で、正常は110例であったが、自動診断で何も印字しなかったものが109例あり、いずれも良く一致した成績であった。

2. マイコン・システムによる成績

プロトタイプの内容では、上記の4段階のテストは同様に良好であったが、さらに詳細な印字内容についてプログラム移植段階で問題のみられる場合もあったので、約60例について検討と修正を行った結果、その後の40例においては肉眼診とよく一致した。

B. 胎児自動診断マイコン・システムの入力状況

このような装置はたとえ非常に優れていても、医療従事者に広く使用されねば意味がない。すなわち、acceptanceが良好でなければならない。本研究の自動診断装置は、コンピュータの知識がまったく無くても、説明を読み、あるいは聞くだけですぐに使えるよう、マイコンの機能は自動診断の一つに限定し、プログラムは内部に固定して、使用のたびにプログラムをロードする手間を無くし、分娩監視装置を本装置にコードで接続して電源スイッチを入れ、ボタンをいくつか押してやれば、すぐに動作を開始するので、コンピュータを使うという感じではなく、高度の分娩または胎児の監視・警報装置を使用するという程度であるため、当科における使用頻度は高い。すなわち、昭

和57年1年間の分娩359例中200例、56%に使われているが、死産などをのぞいた、分娩監視装置使用群については、その63%に使用されている。そのほか、妊娠時のNSTにも頻繁に使われている。また、大学以外のある関連病院では、ベットサイドにおける本装置使用以外に、ナースステーションのリモート警報パネルが活用されているし、個人医師でも使われはじめているので、使用者への受入れはなかなか良好であり、十分に周産期医療に活用でき、その推進と改善に役立つことが明らかである。

C. 自動解析パラメータと臍帯血所見との関連に関する研究

本自動診断装置における解析が良行に行われているか否かを、本装置を用いた症例の臍帯動脈血ガス分析値と、自動解析でえられたパラメータを比較して検討した。

1. 検査対象

妊娠33~42週の経腔分娩65例について検討した(表1)。外測法による分娩監視装置の心拍数及び陣痛電気出力を胎児自動診断装置に接続し、5分毎にえられる解析結果を収集した。自動解析パラメータには、心拍数スコア、胎児仮死指数、20分間の一過性頻脈数、及び子宮収縮面積値を用い、これらの、娩出直前、娩出5分、10分、15分、20分、25分前の、6時期の印字結果を用いた。臍帯動脈血分析には、全自動のRadiometer ABL-2を用い、pH、 pO_2 、 pCO_2 、 HCO_3^- 、BEなどを測定した。

2. 検討成績

本研究ではすべて経腔分娩症例であったため、Apgarスコアが良好で、ほとんどすべて8点以上であり、7点以下は、6点2名が含まれているにすぎなかった。すなわち、予後良好なものが大部分をしめている検討対象であった。これは、十分な管理が行われているためであって、やむをえない現象である。しかし、心拍数パラメータには、臍帯動脈血BE及び HCO_3^- とのあいだに相関が認められた。臍帯血BEに対してもっとも高い相関がみられたのは娩出20分前で、胎児仮死指数とは-0.464、心拍数スコアとは-0.401、子宮収縮面積値とは-0.310の相関係数がえられた(図1)。胎児仮死指数は、娩出25分前を除くすべての

時期に有意の相関を示し、子宮収縮面積値は娩出直前を除くすべての時期で有意の相関を示した。臍帯動脈血 HCO_3^- に対しては、胎児仮死指数は娩出直前を除くすべての時期で有意の相関を示し、娩出20分前の相関が最大で $r = -0.461$ であり、胎児心拍数スコアもほぼ同様であって、娩出15分前に $r = -0.431$ という最大の相関を示した(図2)。

3. 考案

本研究のように、Apgarスコアがほとんどすべて8点以上で、6点2名がふくまれるにすぎないような、ほとんど正常な分娩においてさえも、自動解析パラメータと臍帯血所見、ことに代謝性因子であるBEや HCO_3^- とのあいだに有意の相関が認められたことは、胎児心拍数自動診断パラメータが、胎児の微妙な変化や状態まで表現できることを示すものと考えられ、ことに胎児仮死指数と心拍数スコアは分娩時胎児診断のよい指標と思われる。

また、臍帯血の代謝性変化に対して、自動診断パラメータの先行性が認められたのは甚だ興味深い。さらに、子宮収縮面積値が臍帯動脈血所見と相関を示し、しかも心拍数パラメータよりも早期に有意の相関がえられたのは、子宮収縮の影響についても十分な考慮をほらうのが必要なことを意味し、子宮収縮の心拍数変動への影響と、さらにそれに続く胎児血所見への効果がうかがわれるので、分娩管理上、胎児心拍数図とともに陣痛の状態にも注意をほらうのが必要なことがわかった。さらにまた、本研究のように外測法による陣痛計測でも、処理方法が適切なら、胎児監視パラメータの一つとして有用なことも明らかにされた。

D. 自動解析結果のトレンド・グラム

胎児心拍数図は1分間1~3cmの緩速で送る記録紙上に描かれるが、長時間の監視では膨大になり、前後の比較も困難になる。自動解析診断装置を使うと、情報はだいたい整理され、短縮するが、それでも数時間にわたる記録は一目では検討困難である。また、自動診断記録は、文章や数字で書かれており、整理には好都合でも、観察や比較がすこし厄介である。臨床ではこれまでの全経過を一度に検討したい場合が多いので、自動解析結果を時間経過にしたがってグラフに表した、トレンド

ドグラムを作り検討した。

自動解析のデータには、心拍数スコア、胎児仮死指数、心拍数基線、細変動、一過性徐脈パラメータなどがあるが、late decelerationの1例の析データを使い、手書きでトレンドグラムを作ってみると、心拍数基線や一過性徐脈パラメータは複雑に変化し、これを総合した心拍数スコアや胎児仮死指数とは少し様子が違っている（本研究班56年報告）。前述のように、心拍数スコアや胎児仮死指数は、胎児の状況をよく反映しており、また、なるべく独立した指標を選ぶとすると、トレンドグラムには、心拍数スコア、胎児仮死指数、細変動振幅、及び子宮収縮面積値が適当と思われる。

胎児自動診断装置でえられた上述の4種類の指標を、別のマイコンで処理してトレンドグラムを作ってみると、遅発一過性徐脈に細変動消失をともなった胎児仮死例では、心拍数スコアが高値で、子宮収縮面積値の変化に平行して変動している。胎児仮死指数は一定でかつ高値であり変動がなく、細変動は消失したまま経過しており、全体として重症のUPI（子宮胎盤循環不全）であることがわかる（図3）。

つぎに、プロスタグランジン（PG）による陣痛誘発例で、データを3個移動平均してトレンドグラムを同様な方法で作成してみると、本例で心拍数スコアが高値なのは、細変動の保たれたlate decelerationのためであるが、スコアの上昇は、つねに子宮収縮面積値増加ののちであり、二つの現象のあいだには、つねに時間差がみられる。このlag timeは次第に大きくなっているが、その理由は不明である。胎児仮死の自動診断は心拍数スコア増大ののちに行われているが、これは肉眼診断とよく一致している。診断の基本となる胎児仮

死指数には変動がみられ、上記のように、陣痛増強が先行しているので、過強陣痛による胎児仮死と推定できる。PG注入を中止すると改善されるのは、これを裏付けている。最初に胎児仮死と診断したときに細変動が著しく低下しているのは、興味深い現象である（図4）。

現在、開発用マイコンで、自動診断と同時にトレンドグラムを作成するよう、研究中であるが、完成すれば臨床の実験に最適の装置となるものと予測できる。

結 論

当科における最近4年間の周産期死亡の状況を見ると、分娩数は多くないが1/3は他院から紹介の重症で、そのうち胎児死亡や無脳児で紹介されたものを除いて、周産期統計を試みると、1,000名以上の出産は1,415名、そのうち死産は3例で早期新生児死亡は5例、後期新生児死亡は3例であり、出産1,000に対して死産率は2.12、早期新生児死亡率は3.54、周産期死亡率は5.65となり、死産率は一般の傾向にくらべて低いが、これはやはり分娩監視の徹底と、これにもとづく管理の推進によるものと思われる。

特に、この時期には胎児自動診断が発展してきており、当然これらの成績に貢献しているのであって、このような装置の使用を普及して胎児診断の精密化をはかり、同時に省力化や胎児診断教育にも役立て、分娩時のみでなく妊娠中を含めて胎児管理を改善し、周産期胎児予後の向上をはかることが強く望まれる。また、今後、さらに一步を進めた自動診断、ことにトレンドグラムの発展と完成に向けて研究を進め、さらに今日以上の周産期管理の向上を期したい。

表1 胎児心拍数図自動解析と臍帯動脈血ガス分析値検討の症例

妊娠週数 33~42週

男児 33人

女児 32人 計65人

Apgar スコア 6点 2名

8~10点 63名

臍帯動脈血ガス分析結果

pH 7.194~7.431

pCO₂ 29.9~65.2mmHg

pO₂ 8.1~28.9mmHg

Base excess (BE) -1.21~-0.1mmol/l

HCO₃⁻ 15.3~26.4mmol/l

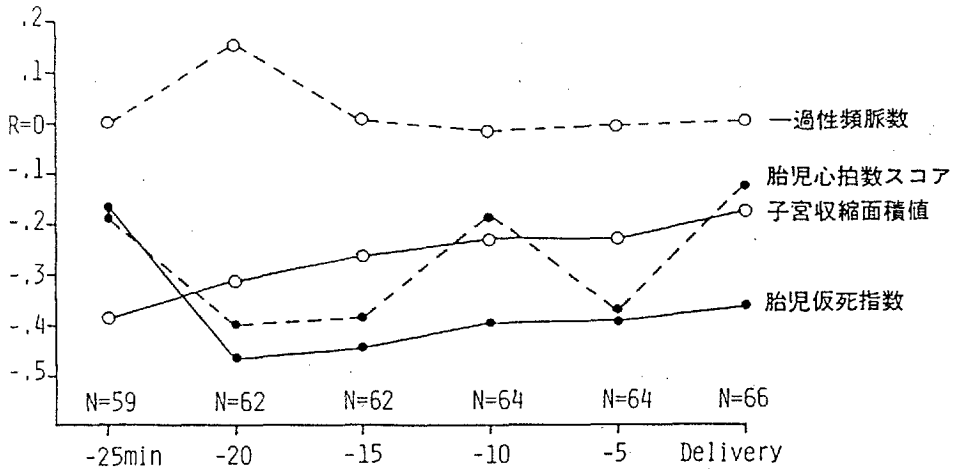


図1 臍帯動脈血 BE と自動解析パラメータとの相関係数

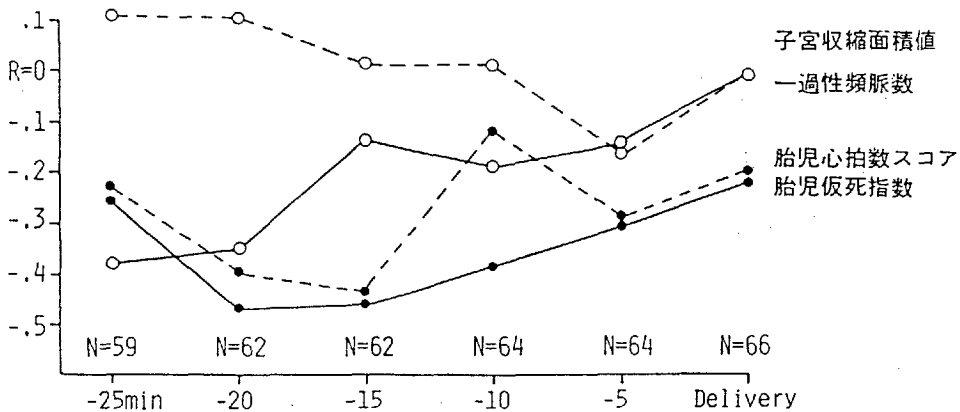


図2 臍帯動脈血 HCO₃⁻ と自動解析パラメータとの相関係数

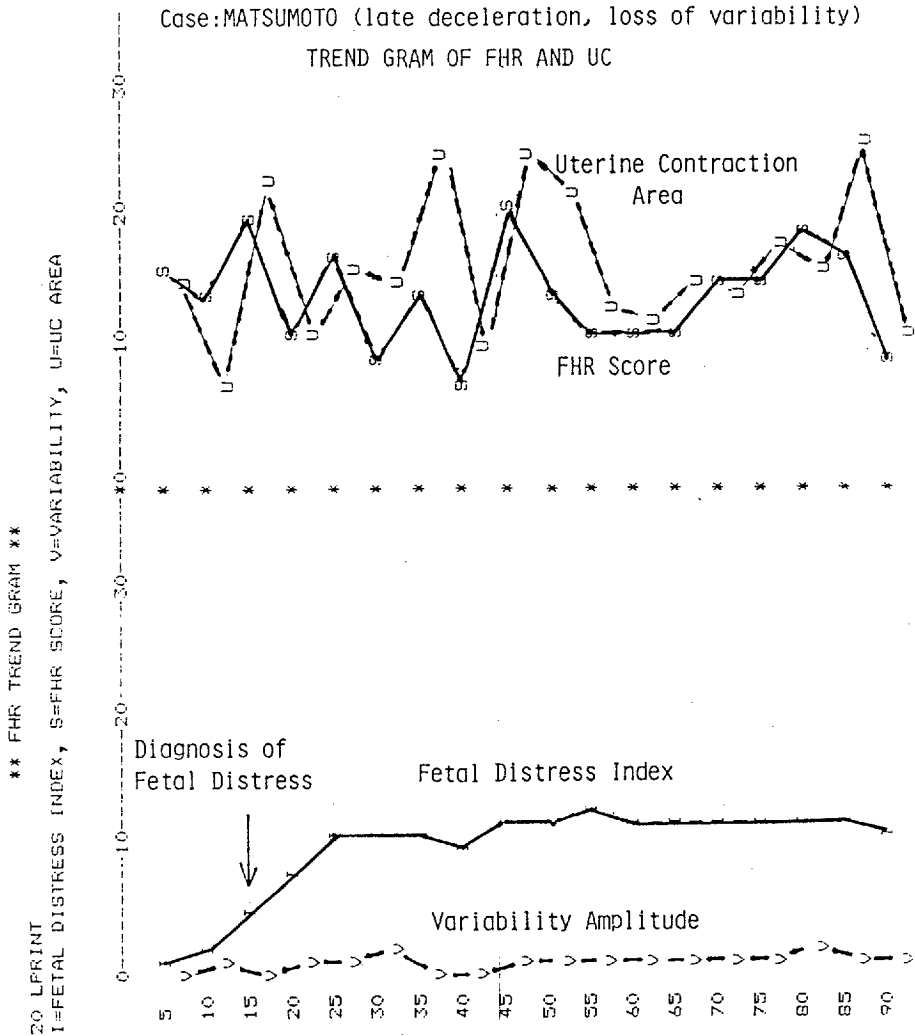


図3 胎児心拍数自動解析データのトレンドグラム。細変動消失をともなう遅発一過性徐脈症例の経過。上段は子宮収縮面積値（点線）と心拍数スコア（実線）の関係を示し、下段は胎児仮死指数（実線）と細変動振幅（破線）の経過を示した。磁気テープ保存信号を分娩監視装置と自動診断装置で解析し、えられたデータを他のマイコンで処理して作成した。

TRENDGRAM OF FHR AND UC
(3 Moving Average)

Case: Hashimoto (PG labor induction)
(Early → late deceleration)
(Normal LTV)

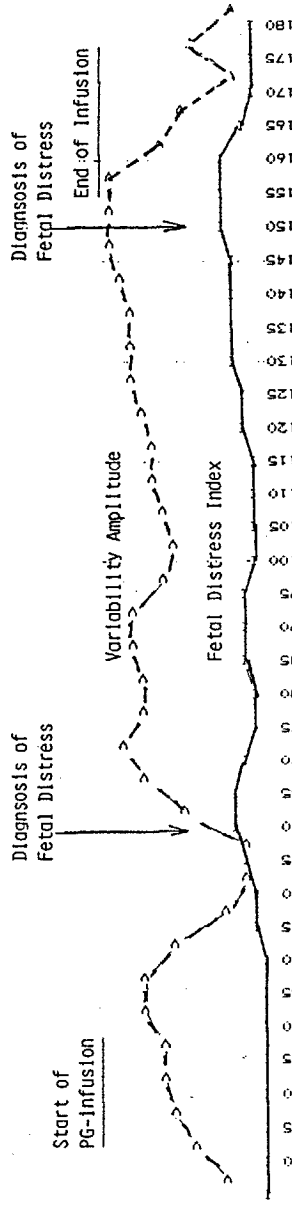
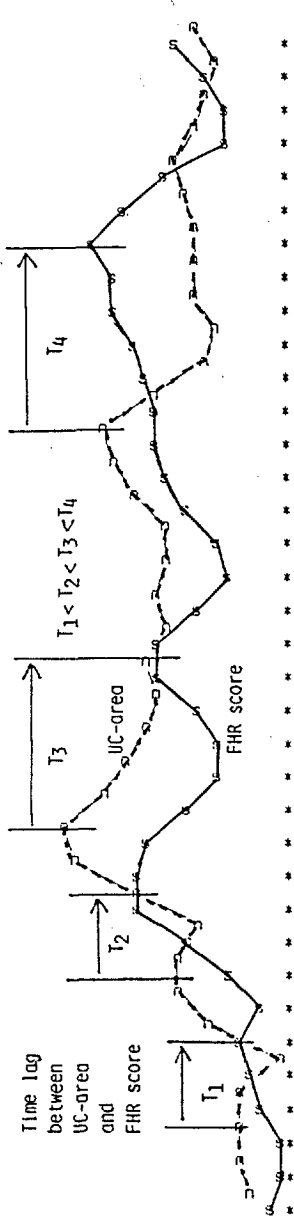


図4 PGによる分娩誘発時に、細変動の保たれた遅発一過性徐脈を発生し、胎児仮死と診断され、自動診断でも同じ判定であったが、過度の子宮収縮によるものと判断して、PGを中止して胎児仮死所見が改善された症例のトレンドグラム。上段は子宮収縮面積値（点線）と胎児心拍数スコアとの関係を、下段には細変動振幅（破線）と胎児仮死指数（実線）の経過を示した。上段で、心拍数スコアは子宮収縮の増強につれて、lag time (T1~T4)をおきながら増大するのがみられる。下段で、細変動振幅が胎児仮死診断のときに著減しているのがみられる。3時間にわたる経過が一目で観察できる。



検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



研究目的

分娩時の胎児監視は産科臨床に不可欠であるが、その最も主要な部分は胎児心拍数図であり、近年の分娩監視装置の導入にともない、周産期死亡率の低下と新生児仮死の減少に大きく貢献している。一方、胎児心拍数図上で異常を診断するには、連続して常時これを観察し解析することが大切である。完全な連続監視には、どうしてもコンピュータによる自動解析と、それによる自動診断が必要であり、これによって胎児異常の早期発見と、胎児仮死の早期治療が完全になる。我々は昭和 48 年以来、本研究班で胎児心拍数変動の自動解析を報告してきたが、その基礎となったのは、昭和 44 年に発表した前田らの胎児心拍数評価点であり、その内容は、胎児心拍数基線レベル、一過性徐脈の持続時間、振幅、最減少心拍数、回復時間、lag time、dip の前後の acceleration の有無、dip の形態に、それぞれ重みをつけてスコアリングした、定量的診断法である。心拍数評価点(心拍数スコア、FHRscore)については、すでに国内外で追試をうけて、その意義が認められており、また、昭和 51 年には、本研究班で、正常群と心拍数図肉眼診断による胎児仮死群の間で明瞭に異なることを報告した。

研究初期には汎用のミニコンピュータを用いて、また経膈直接誘導心電信号による心拍数出力を利用していたが、雑音が少なく細変動(LTV)の検出が可能な自己相関計方式の分娩監視装置の開発にともない、昭和 53 年頃から外測法で、ドラブ信号または心音信号を用いた心拍数出力を利用するようにした。さらに、昭和 55 年には、開発したプログラムをマイクロコンピュータ・システムに移植して、小型の自動胎児診断補助装置を発表し、臨床的に実用化した(昭和 55 年本研究班報告)。