

● 一般演題

ICA とウェーブレットによる胎児不整脈診断

さいたま市立病院産婦人科 谷 垣 伸 治・福井谷達郎
 さいたま市立病院小児科 福 家 智 子・前山克博
 平塚市民病院産婦人科 藤 本 喜 展・持丸文雄
 船橋市立医療センター小児科 小 穴 慎 二
 石川医院 石 川 康 宏

はじめに

胎児不整脈は妊娠の約 2% に認められ、その大半は子宮内で自然に軽快ないし消失するとされている¹⁾。しかし、胎児不整脈のなかには、胎児水腫や胎児心不全の原因となり治療が必要なものも存在することから、正確な診断が求められている。

胎児不整脈の鑑別診断法として、胎児心臓超音波断層法 (USG) により胎児の心臓の動きを心房と心室に分け記録する方法 (M モード法) と下大静脈の血流波形による方法、胎児直接誘導心電図、胎児心磁図がある。これらのうち、簡便かつ非侵襲という点から USG が用いられているが、胎位や羊水量、母体の脂肪・腸管ガスによっては必ずしも記録できるとは限らない。

今回、われわれは胎児心拍数モニタリング (CTG) 上、胎児徐脈 (70 bpm) を認め、USG にて 2 対 1 房室ブロックが疑われた胎児不整脈に対し、独立成分分析 (ICA) を用いて母体心電図 (mECG) から胎児心電図 (fECG) を単離し、ウェーブレット変換 (WT) にて fECG を分析することで、洞調律の QRS 波と p 波の存在しない心室性期外収縮 (PVC) の QRS 波が交互に観察され、PVC による二段脈と診断しえた症例を経験したので報告する。

1 方 法

母体腹壁上から得られる心起電力ベクトルを 5kHz にて、8 チャンネルの生体アンプ (TEAC BA-1008) を介して、A/D コンバータ (Elmec EC-2360) にて時系列データとしてノートパソコンに取り込んだ²⁾。Hyvärinen らの Fast ICA³⁾ を用い、mECG と fECG を分離した。Mallat らの Wavelet Transform Modulus Maxima⁴⁾ を応用して、Gauss 第一次導関数 (G1D) を mother wavelet とする連続ウェーブレット変換 (CWT) において局所最大値や局所最小値として、p 波の始点や T 波の終点を正確に測定する方法を考案し、PR、QT 間隔などを WT による fECG と平均加算による fECG とで比較検討した。

2 症 例

妊娠 38 週、2 経妊 2 経産の 37 歳の患者で、CTG 上、徐脈性不整脈 (base line 70 bpm) を認め、当科紹介となった。USG 所見では、心機能低下は認めず、心形態異常も認めない。下大静脈血流波形解析にて、図 1 に示すごとく、二峰性の流入波と一峰性の流入波を交互に認めることから、2 対 1 房室ブロックと診断した。さらに確定診断を目的に、胎児心電図を施行した。

図 2 は、第 1 チャンネルの生の心電図である。mQRS は母体 QRS であり、その他、形態の異なる二つの胎児 QRS (fQRS1, fQRS2) を認める。mECG の混入により、fECG の p 波、T 波

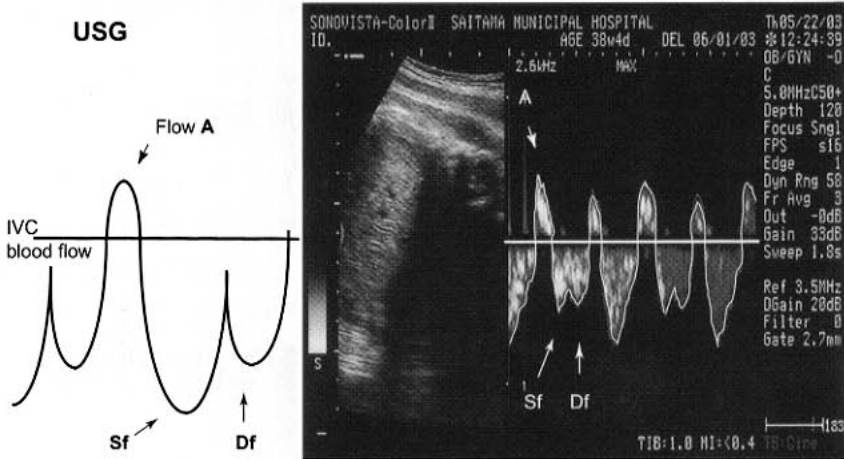


図 1 2対1房室ブロックを疑ったUSGの画像(右の画像)
 左の正常モード図で、Aは心房への逆流波、Sfは心室収縮時の、Dfは心室拡張期の心房への流入波を示す。右の画像では、二峰性の流入波と一峰性の流入波を交互に認める。

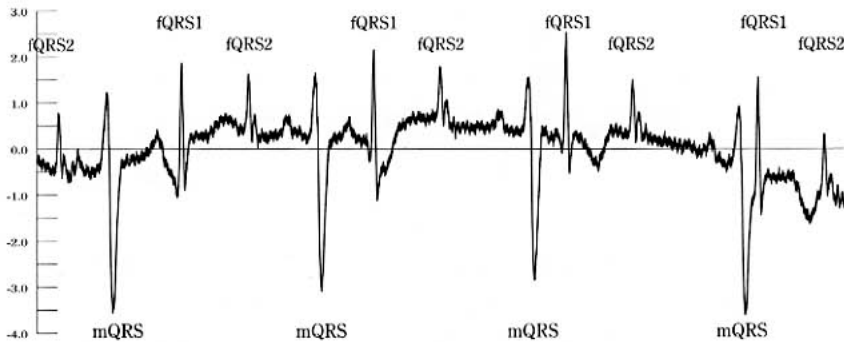


図 2 母体腹壁上から得られた生の心電図(第1チャンネルのみ)
 mQRSは母体QRSである。その他、形態の異なる二つの胎児QRS(fQRS1, fQRS2)を認める。

の観察が妨げられるため、ICAによりfECGを単離した。

図3上段は、ICAにより単離されWTでノイズ除去後のfECGである。下段の画像は、G1Dをmother waveletとしたCWTである。数学的な証明は、本稿の範囲を超えるため他所に譲るが、p波やT波の始点、終点を局所最大値、局所最小値として正確な測定が可能である。第1のQRSの前にはp波を認めるが、第2のQRSは変行伝導を伴い、p波がみられずPVCであることがわかる。

図4上段は、fQRS1のRをトリガーとした平均加算化心電図であり、下段の画像は、G1DのCWTである。図3と同様にfQRS2にp波を認めない。

以下の測定単位はミリ秒であり、丸括弧内の数値は標準偏差であり、鉤括弧内は平均加算化心電図のものである。測定データの個数は15である。fQRS1のRR間隔は774.8(18.5)、PR間隔は97.69(2.2)[103]、PVC coupling timeは270.2(3.3)[271]、QT間隔は222.8(4.4)[209]、fQRS1のQRS間隔は69.39(3.5)[54]、

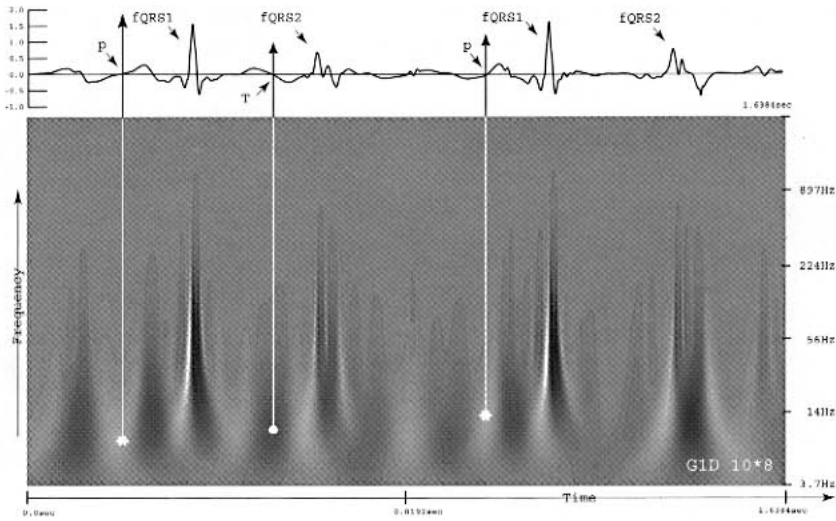


図 3 ICA により単離され、WT でノイズ除去後の fECG (上段) と、G1D を mother wavelet とした CWT の画像 (下段)
 局所最大値 (周辺に比べ最も白い星印の点) からの垂線をあげ、上段の fECG との交点が p 波の始点、局所最小値 (最も黒い点) から垂線をあげ、元の fECG との交点が、T 波の終点を示す。

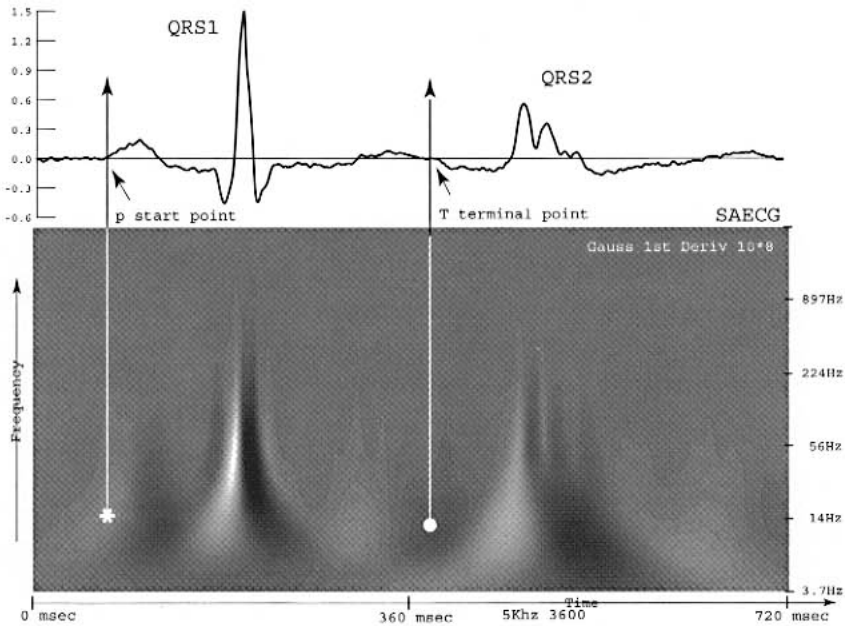


図 4 平均加算化心電図のグラフ (上段) と G1D の CWT の画像 (下段)
 fQRS1 の R をトリガーとして平均加算した。2 番目の QRS は変形しており、p 波を認めない。

fQRS2 (PVC) の QRS 間隔は 95.61 (6.5) [80.3] である。

出生直後, PVC+VT や fECG と同様な二段脈がみられたが, 心エコーにて心形態, 心機能に異常を認めず, 3 週間後に不整脈は消失した。

3 考 察

USG の成書⁵⁾には, 2 対 1 房室ブロックでは, 1 回ごとに心室収縮が欠如するため, 流入波は 1 相性と 2 相性を繰り返すとされているが, fECG では, PVC を伴う二段脈であった。今後, 胎児の不整脈診断は, 超音波診断を裏付けるため, 心磁図や心電図を併用する必要があると思われる。また, 本症例の胎児心電図における PR, QT 間隔などは, 堀米らの心磁図における計測⁶⁾の範囲内にとどまり妥当な数値と考えられる。

本研究の一部は, さいたま市地域医療研究費補助事業・補助金による。

文 献

- 1) Kleinman CS, Copel JA, Weinstein EM, et al. In utero diagnosis and treatment of fetal supraventricular tachycardia. *Semin Perinatal* 1985;9:113-29.
- 2) 石川康宏, 藤本喜展, 持丸文雄. ウェーブレット理論と ICA による胎児心電図. *Ther Res* 2004;25:401-4.
- 3) Hyvärinen A, Karhunen J, Oja E. *Independent Component Analysis*. New York: John Wiley-Interscience;2001. p.165-202.
- 4) Mallat S. *Wavelet tour of signal processing*, 2nd edition. San Diego:Academic Press;1998. p.163-219.
- 5) 森胤. 胎児診断・管理の ABC. 金芳堂;1998. p.112-3.
- 6) Stista J, Golbach E, vanLeeuwen P, et al. Multi-centre study of fetal cardiac time intervals using magnetocardiography. *Br J Obstet Gynaecol* 2002; 109:1235-43.