

Dual Dopplerを用いた肝静脈および下行大動脈血流 同時記録による胎児不整脈評価の実際

Practice for Evaluating of Fetal Arrhythmias by Simultaneous Recordings of Pulsed Wave Doppler Signals in Hepatic Vein and Descending Aorta Using Dual Doppler

加地 剛 Takashi Kaji
須藤 真功 Masanori Suto
佐藤 美紀 Miki Sato

前田 和寿 Kazuhisa Maeda
中山聡一郎 Soichiro Nakayama
苛原 稔 Minoru Irahara

徳島大学病院 産科婦人科

胎児不整脈は1~2%の妊娠で認められる比較的良好に遭遇する疾患である。治療を要しないことが多いが、胎児水腫や胎児死亡を引き起こすことがあるため正確な診断や管理が必要となる。胎児では心電図をとることが難しいため胎児不整脈の診断にはさまざまな方法が試みられている。われわれも同時に2か所のドプラ計測が可能であるDual Dopplerを用いた肝静脈と下行大動脈の同時血流計測(HV-DAo法)という新しい診断方法を考案した。今回、実際の不整脈症例での経験からHV-DAo法は計測および評価のしやすさという点で従来の方法に比べ優れていると考えられた。

Fetal arrhythmia is a relatively common disease, which is found in 1~2% of pregnancies. This disease does not need treatment in most cases, but accurate diagnosis and management are necessary because it could lead to hydrops fetalis and a fetal death. Various methods are tried for a diagnosis of fetal arrhythmia because it is difficult to take the electrocardiogram in fetuses.

We devised a novel method (HV-DAo method) which records pulsed wave Doppler signals in hepatic vein and descending aorta simultaneously using Dual Doppler which enables FFT analysis on two different locations. HV-DAo method was considered to be superior to a conventional method in that its measurement and evaluation are easy from the clinical experience in the real fetal arrhythmia case this time.

Key Words: Fetal Arrhythmia, Dual Doppler, Hepatic Vein, Descending Aorta

1. はじめに

Dual Dopplerは任意の2点において同一心拍のドプラ計測を可能とする新しい技術である。この方法を用いることで、従来不可能であった離れた2点においても同一断面上に描出できれば同時に血流や組織ドプラ波形の表示ができる^{1)~4)}。

われわれは新しい胎児不整脈の診断方法としてDual Dopplerを用いた肝静脈と下行大動脈の血流を同時測定(HV-DAo法)を考案した⁵⁾。今回、HV-DAo法を用いて実際に不整脈診断を行ったので症例を提示する。

2. HV-DAo法

肝静脈は右、中、左の3本がありそれぞれの走行が異なるため、胎位に応じて超音波ビームの入射角度が小さくなる測定しやすい血管を選択することができる(図1)。ただ、われわ

れは多くの場合、右肝静脈を利用している。それは図1、図2に示したように右肝静脈はほぼ真横に走っているからである(実際は真横ではなく、やや前方に向くが)。胎児は母体の横を向いていることが多いため、右肝静脈は超音波ビームの入射角度を0°近くにやすく測定に適している。右肝静脈が難しい場合は他の肝静脈を利用している。

右肝静脈を利用した方法を提示する。まず腹部の横断面(腹囲を測定する断面)を描出する。その際、臍静脈がプローブと平行になるように描出するとその後の右肝静脈の描出が容易となる。臍静脈の断面から頭側に平行移動すると右肝静脈が描出される。微調整し右肝静脈が下大静脈に合流する部位を描出する。すると自然と脊椎の左前に下行大動脈が描出される。そこでDual Dopplerの1つめのサンプルボリュームを肝静脈の下大静脈への合流部に置き、もう1つのサンプルボ

リュームを下行大動脈に置いて双方の血流波形を同時に記録する(図2)。図2右側の上段が肝静脈血流波形、下段が下行大動脈血流波形である。肝静脈血流はS波、D波に引き続き、心房収縮による逆流波A波を認める。下行大動脈では心室収縮による血流波形V波が表示される。すなわち、肝静脈のA波から心房収縮、下行大動脈のV波から心室収縮がわかる。

なお、本検討で使用した装置は日立メディコ製HI VISION Preirus^{*}、EUB-7500である。

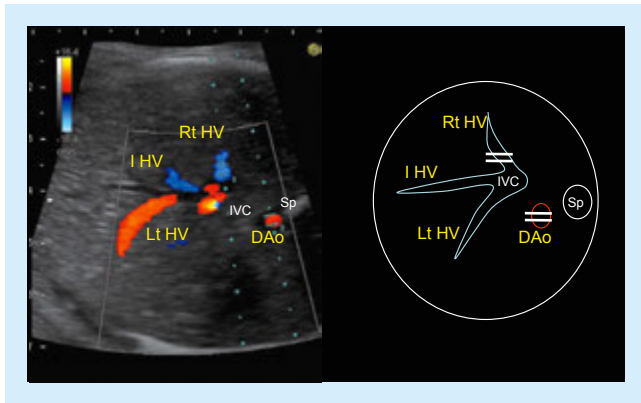


図1：腹部横断面(肝静脈の下大静脈への合流部)

右、中、左の3本の肝静脈が下大静脈に合流している。右肝静脈は胎児のほぼ真横に走行している。脊椎の左前方に下行大動脈が描出されており、右肝静脈と下行大動脈にサンプルボリュームを置いている。

Rt HV：右肝静脈、I HV：中肝静脈、Lt HV：左肝静脈、IVC：下大静脈、DAo：下行大動脈、Sp：脊椎

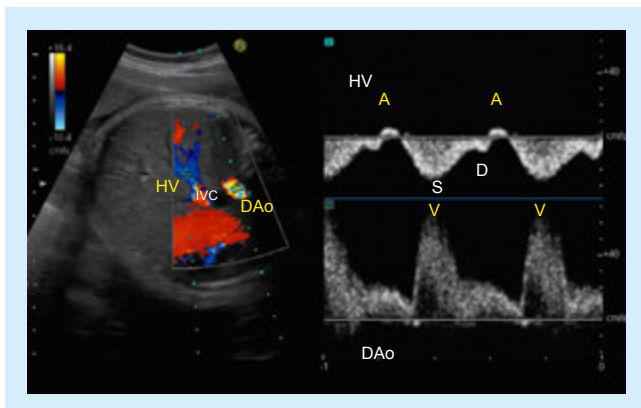


図2：Dual Dopplerを用いた肝静脈—下行大動脈血流計測(HV-DAo法)

左：腹部の横断面で肝静脈が下大静脈に合流する部位を描出し、肝静脈と下行大動脈にそれぞれサンプルボリュームを置き、血流波形を同時に記録している。

右：上段が肝静脈血流波形、下段が下行大動脈血流波形。肝静脈血流はS波、D波に引き続き、心房収縮による逆流波A波を認める。下行大動脈では心室収縮による血流波形V波が表示される。すなわち、肝静脈のA波から心房収縮、下行大動脈のV波から心室収縮がわかる。

HV：肝静脈、IVC：下大静脈、DAo：下行大動脈

3. 実際の症例

図3は心房期外収縮(PAC)の症例である。上段が肝静脈血流、下段が下行大動脈血流である。上段の5つめの心房収縮

が早期に起こっており心房期外収縮であることがわかる。またそれにより心室収縮も早期に起こっている。

図4も心房期外収縮の症例である。4つめの心房収縮が心房期外収縮によるものであるが、それに伴うV波は欠失している。心房期外収縮がより早期に起こったため心室には伝わらずブロックされたnon-conducted PACである。

図5は2段脈の症例である。心室収縮は2段になっているが、心房収縮のリズムは整であることから心室期外収縮(VPC)による2段脈であることがわかる。

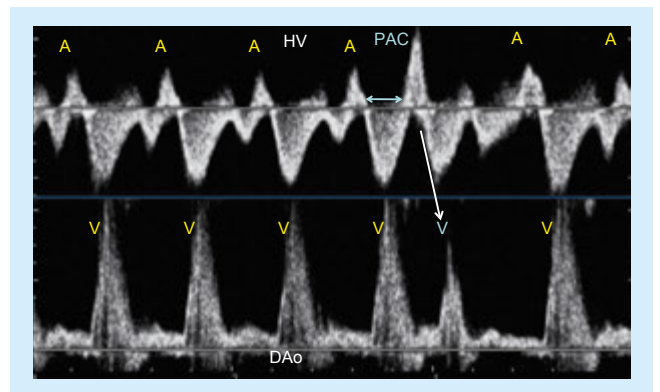


図3：心房期外収縮

上段が肝静脈血流、下段が下行大動脈血流である。5つめの心房収縮が早くに起こっており心房期外収縮(PAC)であることがわかる。それにより心室収縮も早期に起こっている。

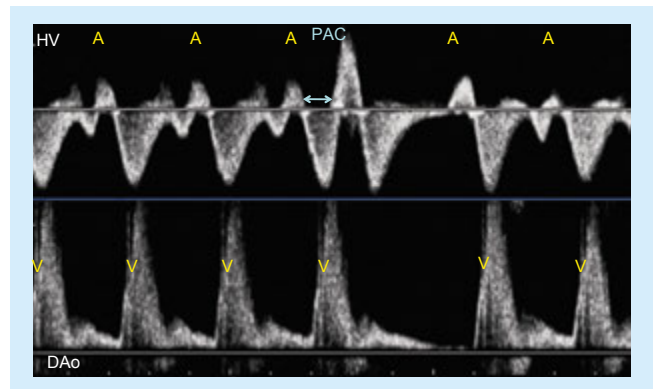


図4：心房期外収縮

4つめの心房収縮が期外収縮(PAC)であるが、より早期に起こっているため心室には伝わらずnon-conducted PACとなっている。

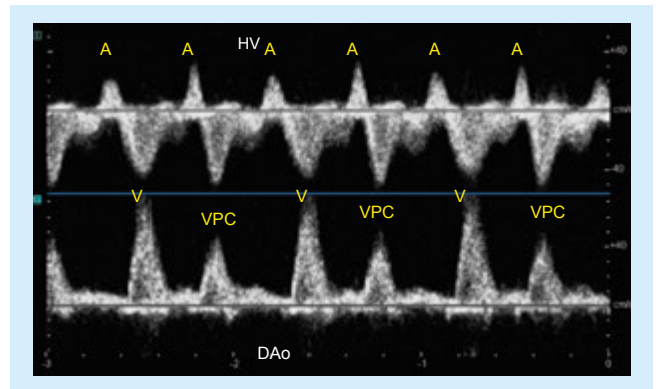


図5：心室期外収縮

2段脈の症例である。心室収縮は2段になっているが、心房収縮のリズムは整であることから心室期外収縮(VPC)による2段脈であることがわかる。

図6は心房収縮、心室収縮ともにそれぞれのリズムは整であるが、心房収縮は136/min、心室収縮は58/minである。また心房収縮と心室収縮は完全に離開しており完全房室ブロックである。心房収縮と心室収縮が重なったときは心房収縮波が高くなっている(canon wave)。

図7はnon-conducted PACにより徐脈となった症例である。心房収縮は期外収縮により2段となっている。心房期外収縮はブロックされ心室収縮が起こっておらず徐脈(78/min)となっている。

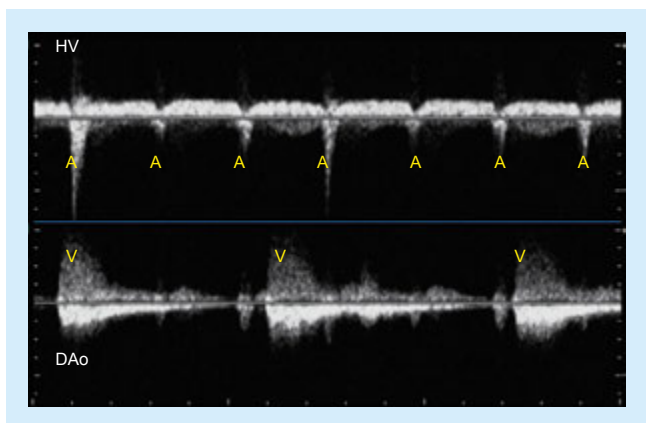


図6：完全房室ブロック

心房収縮、心室収縮ともにそれぞれのリズムは整であるが、心房収縮は136/min、心室収縮は58/minとなっている。心房収縮と心室収縮は完全に離開しており完全房室ブロックである。

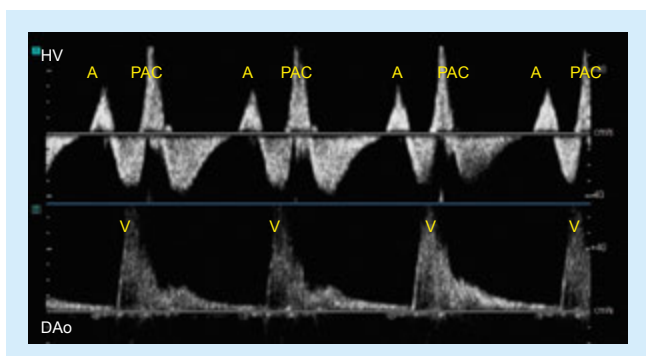


図7：Non-conducted PACによる徐脈

心室収縮は78/minの徐脈である。一方、心房収縮は期外収縮により2段となっている。心房期外収縮は心室に伝わらず心室収縮が起こらず徐脈となっている。

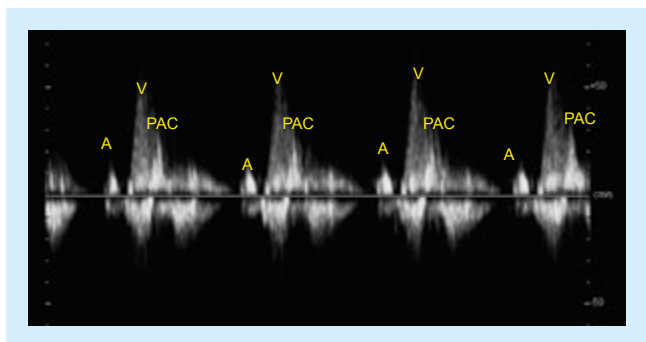


図8：Non-conducted PACによる徐脈

図7と同一症例を従来のドプラ法を用いた上大静脈と上行大動脈の同時計測(SVC-AAo法)で記録したものである。心房期外収縮によるA波(PAC)は、V波と重なり同定しにくい。ノイズも多くなっている。

図8は図7と同一症例を従来のドプラ法を用いた上大静脈と上行大動脈の同時計測(SVC-AAo法)で記録したものである。心房期外収縮によるA波(PAC)は、V波と重なり同定しにくい。ノイズも多くなっている。

4. 考察

胎児不整脈は1~2%の妊娠で認められる比較的良好に遭遇する疾患である⁶⁾。自然軽快し治療を要しないことが多いが、胎児水腫や胎児死亡を引き起こすことがある。一方、胎児治療が有効な疾患でもあり正確な胎児診断の下、適切な胎児管理が求められる。胎児では不整脈診断のゴールドスタンダードである心電図をとることが難しいため、さまざまな方法が行われている(表1)。心磁図は心電図の代わりとなり得るとされるが、機器や設備の問題からごく限られた施設でしか行えない。またリアルタイムに頻回に行うことは難しい。そのため胎児不整脈の診断には超音波検査が広く用いられている。なかでもMモード法とドプラ法が使われることが多い。Mモード法は心房と心室の動きを直接観察できる。簡便であり広く用いられているが胎位の影響を強く受け、また心房収縮をとらえるのが難しいことも多い。一方、ドプラ法は動脈と静脈の双方にまたがるようにサンプルボリュームを置き、双方の血流を同時に計測する方法が用いられる^{7)~11)}。いろいろな組み合わせがあるが、上大静脈と上行大動脈の組み合わせ(SVC-AAo法)で行われることが多い⁷⁾⁸⁾。この方法は心房収縮と心室収縮を心電図のような波形で表現できる。またドプラ法であるため血流の立ち上がりが見え、AV時間の測定が行いやすい。しかしながら上大静脈と上行大動脈を長軸で描出するため胎位の影響を強く受ける。また超音波ビームの入射角度を小さくするのが難しく画質が悪くなりやすい。

そこでわれわれはDual Dopplerを用いて肝静脈と下行大動脈を同時計測することを考案した。肝静脈は描出が容易な腹部の横断面で観察できる。また肝静脈は3本あり走行が異なるため、胎位によらず超音波ビームの入射角度を小さくしやすい。なかでも右肝静脈はほぼ真横に走行しており、多くの場合測定に適している。さらに肝静脈の逆流波A波は、上

表1：胎児不整脈の主な診断法

電氣的・磁氣的に評価
心電図
心磁図
心房壁や心臓壁の動きから評価
超音波検査
・ Mモード
・ 組織ドプラ
・ スペックルトラッキング
血流からの評価
超音波検査
・ パルスドプラ法
上大静脈-上行大動脈血流計測(SVC-AAo法)
左室流入波-流出波計測
肺動脈-肺静脈血流
Dual Dopplerを用いた肝静脈-下行大動脈血流計測(HV-DAo法)

大静脈や下大静脈と比較し高いので明瞭に描出しやすい。このように肝静脈は心房収縮によるA波の描出に適している。一方、心室収縮の評価には、動脈血流を測定しV波を描出する必要がある。しかしながら肝静脈には隣接した動脈がなく従来のドプラ法では動脈血流を同時に記録できなかった。そこで任意に設定可能なサンプルボリュームを2つ持つDual Dopplerを用いることで下行大動脈の血流が同時に測定可能となり、心室収縮の評価が可能となった。下行大動脈は肝静脈を描出した際に必ず描出されるので、双方を同時に計測するのはそれほど難しくはない。

HV-DAo法は画像の描出だけでなく不整脈の評価にも優れた点がある。Dual Dopplerを用いることで、従来のドプラを用いた方法と異なり静脈血流と動脈血流が別々に表示される。これによりA波とV波が上段と下段に別々に表示されるため、心房収縮のリズムと心室収縮のリズム、それぞれを理解しやすい(横の関係)。当然A波とV波が同時に表示されるため心房収縮と心室収縮のつながりもわかる(縦の関係)。また実際の不整脈では期外収縮、完全房室ブロック、上室性頻拍など心房収縮と心室収縮がほぼ同時に起こることも多い。従来のドプラ法では図8のようにA波をV波から分離し評価するのが難しいことがある。同様に心電図や心磁図でもP波をQRS波やT波から分離し評価するのが難しいことがある。しかしながらHV-DAo法では図7のように心房収縮と心室収縮が重なったときでもA波とV波が別々に表示されるので、心房収縮と心室収縮の同定が簡単で不整脈の評価が容易となる。

一方でHV-DAo法は従来のドプラ法と同様、心房や心室の収縮により起きた血流から間接的に不整脈の診断を行う方法であるためQT時間など電気的なことは評価できない。

HV-DAo法を用いた胎児不整脈の評価には限界があるが、従来の方法に比べ容易に計測でき、かつ評価のしやすさという点で優れている(表2)。

表2：HV-DAo法の利点

HV-DAo法

①肝静脈を測定部位にする利点

- ・ほぼ水平に走行→腹部の横断面で計測可能→下行大動脈は必ず同時に描出可能
- ・3本ある→胎位によらず超音波ビームの入射角度を小さくできる
- ・A波が大きい

→比較的簡便、胎位の影響を受けにくい、A波が明瞭に描出

②Dual Dopplerを使うことの利点

A波とV波が別々に表示

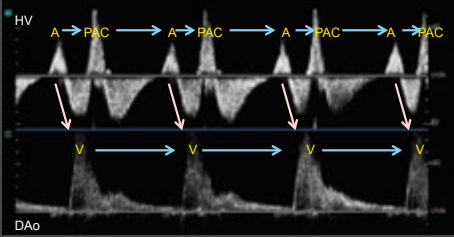
心房収縮・心室収縮それぞれのリズム (横の関係)

心房収縮と心室収縮の関係 (縦の関係)

心房収縮と心室収縮が重なったときでも、A波とV波の鑑別が容易に可能

}

理解しやすい



(non-conducted PACの2段派)

5. 結論

HV-DAo法は胎児不整脈の評価方法として有用である。

※ HI VISION PreirusおよびPreirusは株式会社日立メディコの登録商標です。

参考文献

- 1) 香西和久：組織追跡技術「2D Tissue tracking」と2方向ドプラ技術「Dual Doppler」について. 超音波検査技術, 34(1)35-39, 2009.
- 2) Kusunose K, Yamada H, Nishio S, Tomita N, Niki T, Yamaguchi K, Koshiha K, Yagi S, Taketani Y, Iwase T, Soeki T, Wakatsuki T, Akaike M, Sata M : Clinical Utility of Single-Beat E/e' Obtained by Simultaneous Recording of Flow and Tissue Doppler Velocities in Atrial Fibrillation With Preserved Systolic Function. JACC Cardiovascular Imaging 2009 ; 2 : 1147-1156.
- 3) 楠瀬賢也, 山田博胤 : Dual-Doppler Systemによる心房細動の左室拡張能評価. MEDIX Vol.52, 23-26, 2010.
- 4) 楠瀬賢也, 山田博胤 : 拡張機能を見直す「心房細動で拡張機能は評価可能か?」. 心エコー Vol.12, No.12, 1156-1163, 2011.
- 5) Kaji T, Maeda K, Suto M, Sato M, Irahara M. Simultaneous recordings of pulsed wave Doppler signals in hepatic vein and descending aorta using Dual Doppler : a novel method for evaluating fetal arrhythmias. Ultrasound Obstet Gynecol in press.
- 6) Southall DP, Richards J, Hardwick RA, Shinebourne EA, Gibbens GL, Thelwall-Jones H, de Swiet M, Johnston PG. Prospective study of fetal heart rate and rhythm patterns. Arch Dis Child 1980 ; 55 : 506-511.
- 7) Reed KL, Appleton CP, Anderson CF, Shenker L, Sahn DJ. Doppler studies of vena cava flows in human fetuses. Insights into normal and abnormal cardiac physiology. Circulation 1990 ; 81 ; 498-505.
- 8) Fouron JC, Proulx F, Miró J, Gosselin J. Doppler and M-mode ultrasonography to time fetal atrial and ventricular contractions. Obstet Gynecol 2000 ; 96 : 732-6.
- 9) DeVore GR, Horenstein J. Simultaneous Doppler recording of the pulmonary artery and vein : a new technique for the evaluation of a fetal arrhythmia. J Ultrasound Med 1993 ; 12 : 669-771.
- 10) Carvalho JS, Prefumo F, Ciardelli V, Sairam S, Bhide A, Shinebourne EA. Evaluation of fetal arrhythmias from simultaneous pulsed wave Doppler in pulmonary artery and vein. Heart 2007 ; 93 : 1446-1453.
- 11) Berg C, Geipel A, Gembruch U. Spectral Doppler imaging of the renal vessels facilitates the assessment of fetal arrhythmias. Ultrasound Obstet Gynecol 2009 ; 33 : 367-369.