特集：周産期超音波診断

カラードブラ法を用いた胎児前大脳動脈、
中大脳動脈および後大脳動脈の血流動態に関する研究

秦 幸吉, 榎原 研, 秦 利之, 北尾 学

島根医科大学医学部産科婦人科

Fetal Cerebral Anterior, Middle and Posterior Arterial
Hemodynamics Assessed by Color and Pulsed Doppler UltrasoundKohkichi HATA, M.D., Ken MAKIHARA, M.D.,
Toshiyuki HATA, M.D., Manabu KITAO, M.D.

Department of Obstetrics and Gynecology, Shimane Medical University

(Received 11 June 1990, Accepted 9 July 1990)

Abstract

Fetal intracranial arterial velocimetries were serially performed on 40 pregnant women with regular menstrual cycle, at 28-40 weeks of gestation, using color and pulsed Doppler ultrasound. The change in fetal intracranial arterial hemodynamics was based on the calculation of resistance index (RI). RI in the anterior cerebral artery (ACA), middle cerebral artery (MCA) and posterior cerebral artery (PCA) showed significant changes with advancing gestational age, respectively. There was no significant difference between the RI values in the ACA and MCA from 28 weeks to term. The RI in the PCA was significantly lower than that in the ACA and MCA, respectively, from 28 weeks to term ($p < 0.001$). This color and pulsed Doppler ultrasound assessment of fetal intracranial arterial blood flow provides a useful foundation for elucidating normal intracranial hemodynamics and will aid in avoiding misinterpretations of the different intracranial arteries.

Key words : Color and pulsed Doppler ultrasound, Intracranial arterial hemodynamics, Fetus, Assessment.

1. 緒 言

近年、超音波ドブラ法を用いた胎児頭蓋内血流計測が盛んに行なわれるようになり、その結果、胎児頭蓋内血流動態の妊娠週数に伴った変化や胎児仮死における特徴的な血流動態が報告されるようになってきた^{1)~4)}。現在行われている胎児頭蓋内血流計測はBモード画像上で胎児頭部横断面を描出し、中脳前方でWillis動脈輪の拍動が認められる部位にパルスドブラ法のサンプリングポイントを設定することにより、血流速度波形を記録している^{1)~4)}。しかしながら、Willis動脈輪の拍動が認められる

部位では前大脳動脈、中大脳動脈、後大脳動脈などが非常に接近して存在していて、どの動脈から得られた血流速度波形なのか明らかでないという問題も提起されている⁵⁾。

今回、カラードブラ法を用いて胎児頭蓋内血管を正確に同定し、胎児頭蓋内血流動態に関する詳細な検討を行ない、若干の知見を得たので報告する。

2. 研究対象および方法

妊娠28週から40週までの合併症のない月経周期の規則的な妊婦40例を対象としてのべ134回の超音波検査を施

Fig. 1 Doppler color flow mapping of the circle of Willis.

Fig. 2a Doppler color flow mapping of the anterior cerebral artery and its velocity waveform.

Fig. 2b Doppler color flow mapping of the middle cerebral artery and its velocity waveform.

Fig. 2c Doppler color flow mapping of the posterior cerebral artery and its velocity waveform.

行した。

カラードブラ法を用い、児頭横断面で中脳前方のWillis動脈輪の位置を確認して(Fig.1)、プローブの角度を調節して、前大脳動脈(以下ACAと略)、中大脳動脈(以下MCAと略)、後大脳動脈(以下PCAと略)の走行をそれぞれカラー表示により同定した。ACAが前床状突起の上方で前内方へ曲がる部位、MCAがSylvius裂を走行する部位、PCAが大脳脚に沿って後外側に向かう部位にパルスドブラ法のサンプリングポイントを設定し、血流速度波形を記録した(Fig. 2)。

血流速度波形の評価にはangle-independentのresistance index (以下RIと略) ($RI = A - B/A$, A:max systolic

frequency, B:max end-diastolic frequency)を用いた(Fig. 3)。また、統計学的検討は分散分析, paired t-testおよびunpaired t-testを使用した。

使用した超音波診断装置はAloka SSD-870 (3.5 MHz) およびAloka SSD-680 (3.5 MHz)である。

3. 結果

ACA, MCA, PCAのRI値をTable 1に示す。ACA, MCA, PCAともRIは妊娠週数の進行に伴い、有意に変化し、妊娠末期では妊娠28~29週に比べて有意に低下した(Fig. 4)。また、妊娠28週以降ACAとMCAのRIにおける有意差は認められなく、PCAのRIはACAおよびMCAの

Fig. 3 Diagrammatic representation of resistance index.

RIに比べて有意に低値であった(Fig. 4).

4. 考察

Bモード・パルスドプラ複合装置を用いた胎児頭蓋内血流計測では、胎児中脳前方で動脈性拍動が認められる部位にパルスドプラ法のサンプリングポイントを設定して血流速度波形を記録している^{1)~4)}。このようにして得られた血流は、内頸動脈¹⁾³⁾(以下ICAと略)、ACA²⁾あるいはMCA⁴⁾の血流であるとされていて、報告者により様々である。解剖学的にみて、中脳前方にあるWillisの動脈輪はACA、MCA、PCAおよびICAの末梢部分が非常に接近して存在していて、Bモード・パルスドプラ複合装置を用いても、それぞれの血管を区別するのは不可能であると考えられる⁵⁾。さらに、最近Mariら⁶⁾はMCAとACAおよびICAのpulsatility indexの間には有意差が認められたことを報告しており、胎児頭蓋内血管を個別に同定することの重要性が明らかとなってきた。カラードプラ法を用いるとWillisの動脈輪は明瞭にカラーフローマッピングできる(Fig. 1)ので、われわれはカラードプラ法を用いて胎児頭蓋内血管を正確に同定し、胎児頭蓋内血流動態に関する詳細な検討を試みた。

Table 1 Resistance index values from fetal intracranial arteries.

gestational age (weeks)(N)	ACA	MCA	PCA
28~29(11)	0.85±0.03	0.84±0.03	0.74±0.05
30~31(14)	0.84±0.05	0.84±0.05	0.75±0.05
32~33(17)	0.82±0.05	0.84±0.05	0.75±0.06
34~35(27)	0.81±0.05	0.81±0.04	0.73±0.04
36~37(40)	0.79±0.06	0.79±0.05	0.71±0.04
38~40(25)	0.76±0.06	0.76±0.08	0.68±0.08

Results are Mean±SD.

ACA: anterior cerebral artery, F(5,128)=7.16, $p<0.01$

MCA: middle cerebral artery, F(5,128)=7.15, $p<0.01$

PCA: posterior cerebral artery, F(5,128)=5.89, $p<0.001$

Fig. 4 Transition of fetal intracranial arterial resistance index.

ACA、MCA、PCAともRIは妊娠週数の進行に伴い、有意に変化し、妊娠末期では妊娠28~29週に比べて有意に低下した。胎生初期、大脳半球の表面は比較的平滑である。その後、妊娠の進行とともに脳は絶えず成長を続け、胎生終末期には、大脳半球の表面はきわめて急速な発育を遂げるので、その表面には、溝で分けられた多数の大脳回(gyrus)と大脳溝(sulcus)が現われる⁷⁾。妊娠末期でのACA、MCA、PCAのRIの有意な低下は、このような大脳半球の成長に伴った胎児頭蓋内血管床の増加によるものと考えられる。ACA、MCAはICAの末梢での分岐である。妊娠28週以後両者のRIには有意差が認められなかった。このことはACAとMCAは同じ血管から由来していて、末梢血管抵抗および血管床の増減に差がないことを示唆すると思われる。PCAは脳底動脈が橋上部の前方で左右に分岐したものである。後交通動脈(以下PCoMと略)は視神経の上方でICAより分岐しPCAに吻合する。PCoMは小児や成人では比較的低形成であるが胎生期では太い⁸⁾。PCAのRIはACAおよびMCAのRIに比べて有意に低値であったが、この所見は胎児ではICAからPCAへとPCoMを通してかなりの血流がシャントすることによるものではないかと推察される。しかしながら、今回の検討ではPCoMの血流はほとんど検出できなかった。これは、PCoMが比較的短いこと、また、その走行がプローブに対してほぼ垂直であることによるものである。

従来の研究によると、胎児低酸素症では脳動脈の拡張末期血流は増加し、低酸素症を補うために脳血流を増加

させようとする“brain-sparing effect”がヒト胎児に存在すると報告されてきた¹⁾⁻⁴⁾。しかしながら, それらはBモード・パルスドプラ複合装置を用いた検討であり, PCAの血流を他の頭蓋内血管の血流として捉えていた可能性もある。その場合, 正常胎児の頭蓋内血流動態を異常と過大評価することになる。今回のカラードブラ法を用いた検討より胎児脳動脈は, 同定する血管により得られる血流速度波形が異なることが明らかとなった。今後, 胎児頭蓋内血流速度を記録する際には, カラードブラ法を用いた正確な血管の同定が必要であると考えられる。

5. 結 語

カラードブラ法を用いて胎児頭蓋内血管を正確に同定し, 胎児頭蓋内血流動態に関する詳細な検討を行なった。その結果, 胎児頭蓋内動脈は, 同定する血管により得られる血流速度波形が異なることが明らかとなった。

本論文の要旨は第34回アメリカ超音波医学会議 (1990年3月, New Orleans, LA) および第9回日本脳・神経超音波研究会 (1990年4月, 京都) にて発表した。

文 献

- 1) Wladimiroff JW, Tonge HM, Stewart PA. Doppler ultrasound assessment of cerebral flow in the human fetus. *Br J Obstet Gynaecol* 1986; 93: 471-475.
- 2) Arebille Ph, Roncin A, Berson M, Patat F, Pourcelot L. Exploration of the fetal cerebral blood flow by duplex Doppler-linear array system in normal and pathological pregnancies. *Ultrasound Med Biol* 1987; 13: 329-337.
- 3) Wladimiroff JW, Van Wijngaard JAGW, Degani S, Noordam MJ, Van Eyck J, Tonge HM. Cerebral and umbilical arterial blood flow velocity waveforms in normal and growth-retarded pregnancies. *Obstet Gynecol* 1987; 69: 705-709.
- 4) Woo JSK, Liang ST, Lo RLS, Chan FY. Middle cerebral artery Doppler flow velocity waveforms. *Obstet Gynecol* 1987; 70: 613-616.
- 5) Kurjak A, Alfirevic Z, Miljan M. Conventional and color Doppler in the assessment of fetal and maternal circulation. *Ultrasound Med Biol* 1988; 14: 337-354.
- 6) Mari G, Moise KJ Jr, Deter RL, Kirshon B, Carpenter RJ, Huhta JC. Doppler assessment of the pulsatility index in the cerebral circulation of the human fetus. *Am J Obstet Gynecol* 1989; 160: 698-703.
- 7) Moore KL. *The developing human* (3rd ed). New York: George Thieme Verlag Stuttgart, 1982: 479.
- 8) Huber P. *Cerebral angiography* (2nd ed). Philadelphia: WS Saunders Company, 1982: 585.