

特集 勃興しつつある新たな画像診断**3. 周産期医療における超音波診断**

左合治彦

国立成育医療センター 周産期診療部 胎児診療科

Ultrasound diagnosis of the fetus

Haruhiko Sago

Division of Fetal Medicine, Department of Perinatal Medicine and Maternal Care
National Center for Child Health and Development**Abstract**

The advances in ultrasound technology have enabled us to evaluate a fetus in the womb. Ultrasound diagnosis has become essential for obstetric care. The present and future state of ultrasound diagnosis in perinatal medicine is discussed. Many fetal anomalies can be diagnosed prenatally by the usual 2D mode ultrasound. Nuchal translucency has been introduced to calculate the risk for a fetus with Down syndrome. Measurement of peak flow velocity of the middle cerebral artery is useful to detect fetal anemia. New technologies such as 3D/4D, STIC(Spacio-Temporal Image Correlation) and TUI(Tomographic Ultrasound Imaging) have been used in clinical practice. Ultrasound diagnosis is also essential for fetal therapy. Innovation and appropriate use of ultrasound can promote good perinatal care.

Keywords : Ultrasound, Fetal imaging, Fetal diagnosis, Prenatal diagnosis, Fetal therapy

はじめに

超音波診断技術の進歩により、昔はブラックボックスとされていた子宮内の胎児の状態をリアルタイムで観察することができるようになってきた。超音波検査はいまや周産期医療において必要不可欠な検査である。また3D/4Dなどの新しい超音波技術の応用も盛んである。超音波診断は通常の産科管理にとどまらず、胎児画像診断、出生前診断(遺伝学的検査)、胎児治療を行う上でその根幹をなす基本的技術である。周産期医療特に胎児診療における超音波診断の現状と今後の展望について述べる。

胎児超音波診断の現状

超音波診断技術を大まかに分類すると Table 1

のようになる。通常の技術には、Bモード・2D断層画像法とドブラ法がある。近年、普及機でも高精度画像が得られるようになり、通常の2D断層画像により多くの胎児形態異常の診断が出生前に可能となってきた。

胎児胸部の正常画像と先天性横隔膜ヘルニア、CCAM(先天性嚢胞性腺腫様奇形)、胸水症といっ

Table 1 Ultrasound Technologies

Standard

- ・ B mode : 2D
- ・ Doppler (color/pulse/power) : Flow

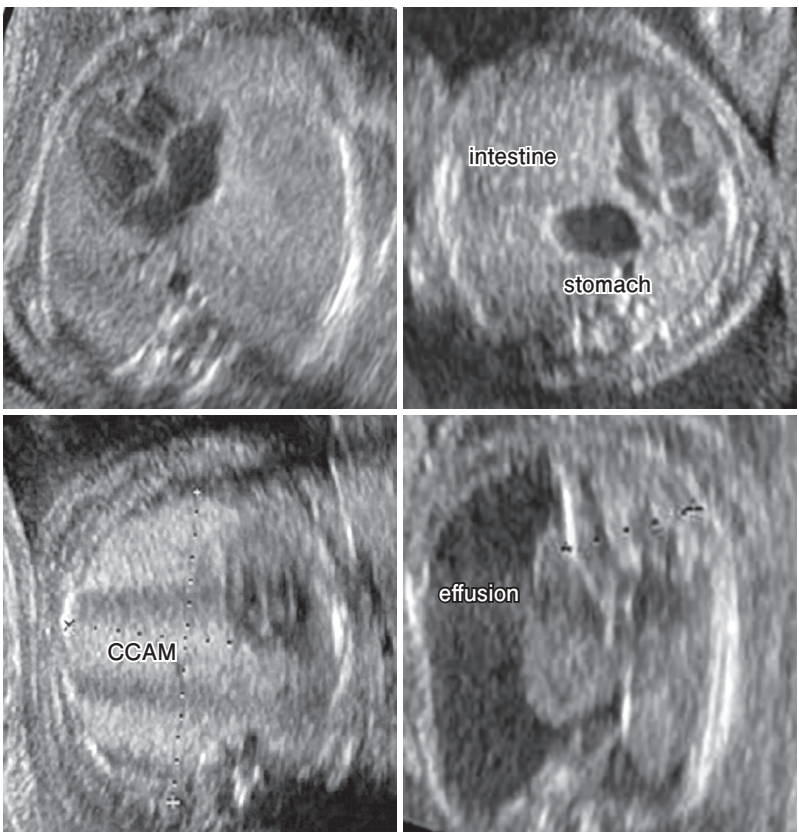
New/Advanced

- ・ 3D/4D : volume data
- ・ TUI (Tomographic Ultrasound Imaging)
- ・ STIC (Spatio-Temporal Image Correlation)

た代表的疾患の画像をFig.1に示す。先天性横隔膜ヘルニアは横隔膜の一部が欠損しているために腹部臓器が胸腔内に脱出して肺低形成をきたす重篤な疾患で、四腔断面で胸腔内に胃と腸管が見られる。CCAMは肺の良性嚢胞性疾患で胸腔内に腫瘍像を認める。胎児胸水の原因はさまざまであるが、原発性で大量に貯留し胎児水腫をきたした

場合は胎児治療対象となる。

胎児腹壁の正常像と腹壁破裂、臍帯ヘルニアの腹壁異常像をFig.2に示す。腹壁破裂は腹壁全層の欠損で、腹腔外に腸管の脱出を認めるが、周囲に嚢は認めない。臍帯ヘルニアは、腹壁中央臍部の腹壁欠損であるが、腹膜、羊膜が保たれており、臍帯基部で嚢につつまれて臓器が脱出する。



a	b
c	d

Fig.1
Ultrasonography of fetal thoracic abnormalities
a : Normal four chamber view.
b : Diaphragmatic hernia.
c : Congenital cystic adenomatoid malformation (CCAM).
d : Pleural effusion.



Fig.2 Ultrasonography of fetal ventral wall defects
a : Normal abdomen
b : Gastroschisis
c : Omphalocele

a	b	c
---	---	---

胎児超音波スクリーニング検査

胎児の形態異常が出生前に診断されるようになってきたので、系統的に胎児異常を見いだす方法が望まれている¹⁾。すなわち胎児超音波スクリーニング検査で、一般妊婦の中から精査すべき対象(異常を有するとおもわれる胎児)をひろいあげる検査である。この検査の目的は、疾患を有する胎児に対して、適切な出生前の管理・治療(胎児治療)、出生後の管理・治療を提供するためである。しかし、一方では胎児異常が見いだされると人工妊娠中絶につながるなどの懸念などから、議論は回避される傾向にあり、胎児超音波スクリーニング検査について一定の見解を得るには至っていない。当施設では妊娠20週と30週に、専門検査技師やトレーニングを受けた医師が、通常の妊婦健診とは別枠で一定の時間(約15～20分)をかけて行っている^{2～3)}。

遺伝学的検査としての超音波検査

胎児超音波検査は遺伝学的検査の側面をもっている。妊娠11～13週の超音波画像で、胎児後頸部にみられる皮下の液体貯留像をNuchal Translucency (NT) と呼び (Fig.3), 増加していると胎児に染色体異常, 心奇形, その他の先天奇形が高頻度でみられることがわかってきた。NicolaidisらはNTの厚さと母体年齢を組み合わせることで胎児にダウン症がみられる確率を推定するアルゴリズムを開発し, 偽陽性率5%で, 検出率

約75%と報告している⁴⁾。そこで欧米ではNTを用いて, 主にダウン症の検出を目的とした妊娠初期スクリーニングが盛んに行なわれるようになってきた。NTが増加するほど胎児に染色体異常がみられる頻度が高くなるが, 正常であることも多く, 母体血清マーカー検査と同じく胎児異常である見込みが高いかどうかを推定するものにすぎない⁵⁾。また, NTは想定値が1～2mm異なると推定されるリスクが全く異なるため, NTの測定方法は厳密に規定されている。しかし日本においては未だNTの正確な測定法やNTの意義が普及しておらず, NTがみえることイコール染色体異常という誤った判断や説明がされている場合もあるようである。不正確な計測で誤ってNT増加と診断され, また十分な説明や遺伝カウンセリングが行なわれず妊娠中絶を希望するという不幸な経緯をとった例もあるようである。

ドプラ検査の応用

パルスドプラ法による血流計測は, 胎児にも応用されている。臍帯動脈, 臍帯静脈, 静脈管, 下大静脈, 下行大動脈などで血流計測されている。臍帯動脈血流が胎児では最初に検討され, 子宮内胎児発育不全や胎盤機能不全との関連が示唆されている。臨床応用の観点から特筆すべきは, 胎児の中大脳動脈の最大血流速度である。胎児に貧血があると中大脳動脈の最大血流速度が上昇することがわかり, 最大血流速度が1.5MoM以上に上昇していると中～高度な貧血がみられる⁶⁾。胎児貧

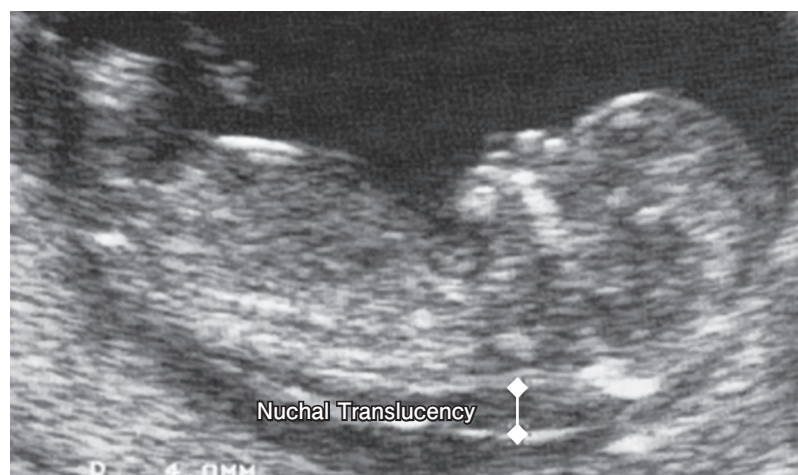


Fig.3
Sagittal section of the fetus
at 12 weeks of gestation

血の主な原因には血液型不適合妊娠とパルボB19感染(リンゴ病)があり,これらの病態では胎児貧血の診断が重要となる⁷⁾.胎児貧血の診断は臍帯穿刺による胎児採血によって行われるが,侵襲的検査であり,リスクが少なくない.以前は胎児採血したが貧血がないということも少なくなかった.胎児の貧血を超音波検査で非侵襲的に診断できるようになり,胎児輸血が必要となる症例にのみ臍帯穿刺を行うことが可能となった. Fig.4は妊娠23週のパルボB19感染による胎児水腫で,中大脳動脈の最大血流速度が0.70m/sと異常高値で胎児貧血を疑い,臍帯穿刺でHb2.6mg/dlと高度な貧

血で,胎児輸血を行った症例である.

新しい超音波診断技術

新しい技術としてまず,3D/4Dエコーがある.これは2Dエコーの断面データとは異なり,空間データ(多数の断面データの集積)として取り込み,立体的,3次元的に表示するものである.胎児仙尾部奇形腫の表面レンダリングによる3Dエコーを Fig.5に示す.3次元的な表示により,立体的な観察が可能となる.4Dエコーとは空間データを瞬時に取得し,瞬時に3次元表示することにより,3Dエコー像が時間的に変化するのを描出するもの

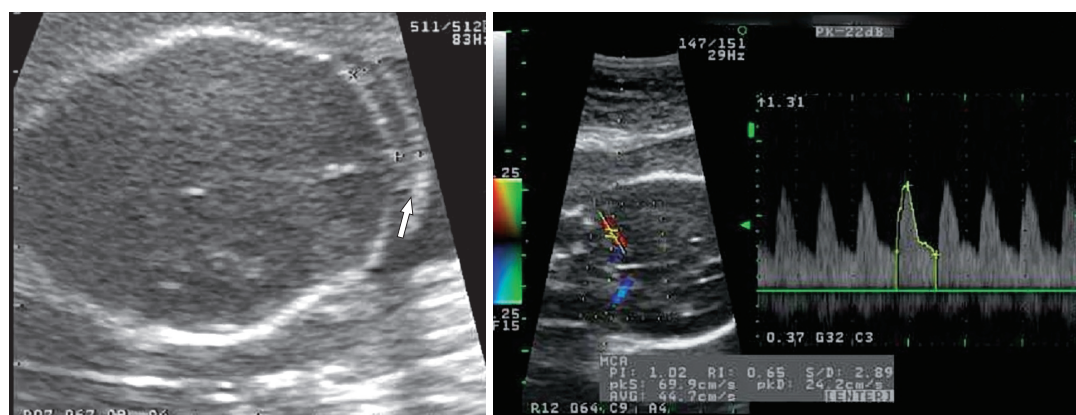


Fig.4 Ultrasonography of a case of parvovirus B19 infection

a | b

a : Head (arrow : skin edema).

b : Doppler assessment of middle cerebral artery.

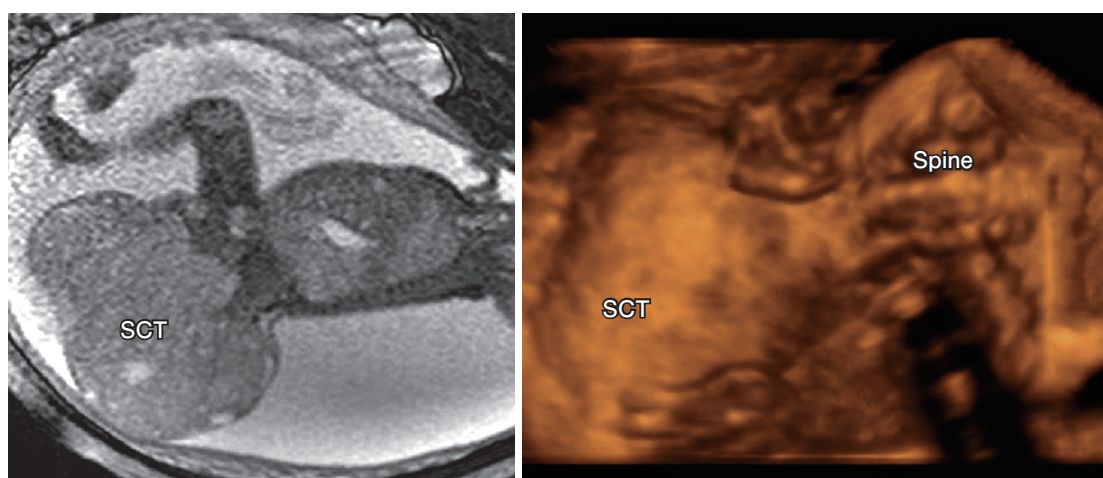


Fig.5 Images of a case of fetal sacrococcygeal teratoma

a | b

a : MRI

b : 3D ultrasound

である。またこれらの方法では空間データとして取り込むので、検査終了後でも任意断面での断層像の描出が可能となる。CT、MRIと同様に複数のスライス画像を表示する方法をTUI (Tomographic Ultrasound Imaging) という。胎児仙尾部奇形腫のTUI画像をFig.6に示す。また、通常対象が動いていると空間データをうまく取り込むことができないが、STIC (Spacio-Temporal Image Correlation) 法は心臓の周期的な動きを数学的に補正して心臓の3D画像を構築する⁸⁾。STIC法を用いて、TUI表示した正常心臓をFig.7に示す。1回のデータ取得で、四腔断面、左室流出路、three vessel view、右室流出路が描出されている。心臓の各断面をう

まく描出する技術がなくても、心臓を空間データとして取得し、後に任意断面画像を描出して解析することができる⁸⁾。これらは画像処理技術の革新により可能となり、胎児診断の精度向上に貢献している。

胎児治療

胎児治療法とは子宮内の胎児に対する治療行為で、母体を介して行われる。多くの胎児疾患は出生後の適切な内科的・外科的治療によって管理が可能であり、胎児治療対象となる疾患は限られている。臨床的に有用といえる治療法は少ないが、種々の胎児治療法が試みられている⁹⁾。胎児治療

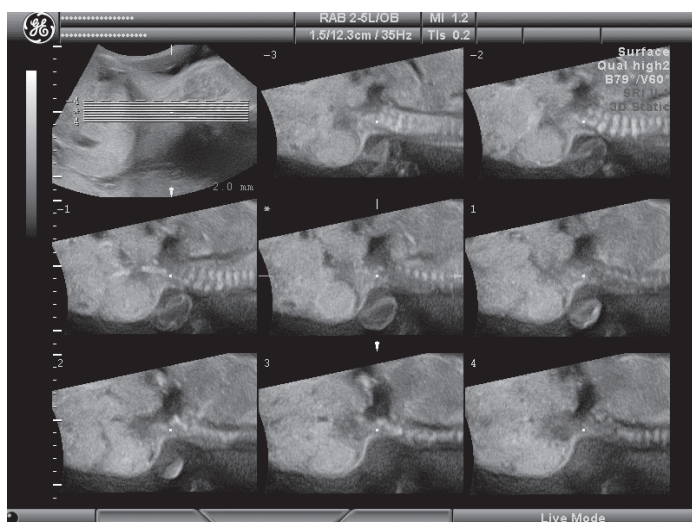


Fig.6
Tomographic ultrasound imaging of a case of fetal sacrococcygeal teratoma

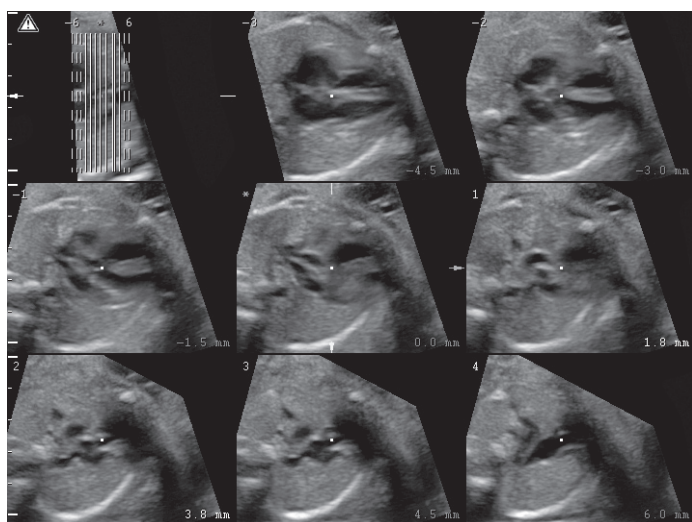


Fig.7
Tomographic ultrasound imaging of a normal heart using STIC method

Table 2 Methods of fetal therapy

invasiveness	Maternal Drug
Low	Ultrasound Guided Shunt : Hydrothrax, CCAM (macro cyst) LUTO Coagulation : TRAP Catheter/dilation : AS/PS
	Fetoscopic Surgery Laser ablation : TTTS, LUTO Ballon : CDH
High	Open Surgery Resection : CCAM, SCT Repair : MMC

AS : aortic stenosis, CCAM : congenital cystic adenomatoid malformation, CDH : congenital diaphragmatic hernia, LUTO : lower urinary tract obstruction, MMC : myelomeningocele, PS : pulmonary stenosis, TRAP : twin reverse arterial perfusion, TTTS : twin-twin transfusion syndrome, SCT : sacrococcygeal teratoma

法には大きく4つの方法がある (Table 2)。経母体薬物治療, 超音波ガイド下治療, 胎児鏡下手術, 直視下手術である⁹⁾。超音波ガイド下治療には, 穿刺術, 胎児輸血, シェント術¹⁰⁾, ラジオ波凝固術, カテーテル拡張術¹¹⁾があり, 超音波で観察しながら穿刺針類を胎児に刺入して行うものである。胎児鏡下手術においても, トロッカーの挿入時や術中の観察に超音波検査は不可欠である。直視下手術においても, 子宮切開時や術中の観察に超音波検査は不可欠である。したがって, 胎児診断のみならず, 胎児治療においても超音波検査はきわめて重要な検査でその根幹をなす基本的技術である。

問題点と今後の展望

以上述べたように周産期医療において, 超音波診断は新しい技術を取り入れながら多方面に応用されていて, 実地臨床の強力な検査手段となっている。一方, いろいろな問題を抱えていることも事実である。胎児疾患の多くは超音波診断可能であるが, 胎児超音波スクリーニング検査, NT検査についての一定の見解や合意がなく, 超音波診断の臨床の質には大きな幅がある。この幅を埋める努力が求められている。また, 超音波工学の進歩は著しいが, それを用いる超音波診断技術や画像情報の解釈の普及は遅れている (ハードは進ん

でいるが, ソフトが遅れている)。超音波診断から得られる胎児情報はより高度で多彩になってきており, 小児科医や放射線科医との連携がより一層重要となる。一方, 超音波画像を空間データとして扱う新しい工学技術により, 診断技術の個人差や地域差を補完できる可能性がある。胎児超音波診断は進歩し続ける魅力ある分野であり, 技術革新と適切な運用により周産期予後の改善が期待できる。

謝辞

シンポジウムの機会をお与え頂いた会長の柳川幸重先生, ならびに座長の古井滋先生と与田仁志先生に深謝いたします。

●文献

- 1) 左合治彦 : 周産期医療での超音波診断. 新医療 2006 ; 33 : 81-84.
- 2) 左合治彦 : 胎児超音波スクリーニング検査の実際 卒後研修プログラム5. 日産婦誌 2004 ; 56 : N638-44.
- 3) 左合治彦, 林 聡, 湊川靖之, 他 : 胎児の超音波診断. Jpn J Med Ultrasonics 2007 ; 34 : 427-437.
- 4) Snijders RJ, Noble P, Sebire N, et al. : UK multicentre project on assessment of risk of trisomy 21 by maternal age and fetal nuchal-translucency thickness at 10-14 week of gestation. Lancet 1998 ; 352 : 343-346.
- 5) 左合治彦, 林 聡, 和知敏樹, 他 : 高年妊娠と胎児異常. 産婦人科の実際 2003 ; 52 : 1431-1438.
- 6) Mari G, Deter RI, Carpenter RL, et al : Non-invasive diagnosis by Doppler ultrasonography of fetal anemia due to maternal red-cell alloimmunization. Collaborative group for Doppler assessment of the blood velocity in anemic fetuses. N Engl J Med 2000 ; 342 : 9-14.
- 7) 左合治彦 : 胎児水腫. 産科と婦人科 2005 ; 72 : 1486-1491.
- 8) DeVore GR, Falkensammer P, Sklansky MS, et al : Spatio-temporal image correlation (STIC) : new technology for evaluation of the fetal heart. Ultrasound Obstet Gynecol 2003 ; 22 : 380-387.
- 9) 左合治彦 : 胎児治療. 周産期医学 2006 ; 36 : 388-390.
- 10) Hayashi S, Sago H, Kitano Y, et al : Fetal pleuroamniotic shunting for bronchopulmonary sequestration with hydrops. Ultrasound Obstet Gynecol 2006 ; 28 : 963-967.
- 11) 左合治彦 : 胎児心疾患に対するインターベンション. 小児科診療 2007 ; 39 : 215-220.