

特集 第 52 回日本小児放射線学会学術集会 “画像を診る” 教育講演より

周産期領域における画像診断の進歩

馬場 一憲

埼玉医科大学総合医療センター 総合周産期母子医療センター

Progress of diagnostic imaging in perinatology

Kazunori Baba

Center for Maternal, Fetal and Neonatal Medicine, Saitama Medical Center, Saitama Medical University

Keywords: Diagnostic ultrasound, Fetal abnormality, Doppler ultrasound, Three-dimensional ultrasound, Fetal therapy

超音波診断装置の出現前は、胎児に異常があるか否かを知ることができず、生まれる前の胎児は全く医療の対象にならなかった。1970 年代後半に胎児を対象とした超音波診断装置が臨床現場でも使えるようになったことにより、胎児も医療の対象として扱われるようになって産科の教科書は大きく書き換えられた。今や、胎児は診断されるだけでなく、子宮内での治療の対象にもなっている。

ここでは、出生前診断を中心に周産期領域における画像診断の進歩について概説する。

I 経腹法と経膣法

母体腹部にプローブを当てて走査する経腹法は簡便な方法ではあるが、超音波が腹壁を通らなければならないため、特に妊娠初期では胎児の詳細な画像が得られないという欠点がある。

超音波プローブの小型化により、経膣法という走査法 (Fig. 1) が可能になった。これは細い超音波プローブを膣内に挿入して走査する方法で、腹壁の影響を受けずに、また近距離から観察することで高い周波数の超音波を用いることができ、妊娠初期の胎児の詳細な画像が得られる。

経膣法では、妊娠 5 週中ごろから胎児心拍動を確認することができる。また、妊娠 12 週前に無頭蓋

症のような重篤な胎児異常を診断することも可能で、超音波専門医によって重篤な心奇形が診断される場合もある。

II 胎児形態異常スクリーニング

超音波診断装置を用いて胎児の形態異常を出生前に診断できれば、適切に準備・対応することによって、児の命を落とさずにすんだり、後遺症の発症を回避したり軽減したりすることができる。しかし、胎児の形態異常はすべての胎児のすべての部位に起こる可能性があるが、出生前にすべての胎児に対しすべての形態異常の有無をチェックすることは現実



Fig. 1 経膣法

Table 1 胎児の形態異常¹⁾

1. 医学的に出生前診断の必要性が低い異常
出生後の治療が不必要な軽微な異常や出生後の診断で十分な異常（知らずに分娩に至っても大きな問題がない異常）など、出生前診断の有無が予後に大きな差を生じないような異常
2. 出生前診断で予後の改善が期待できる異常
出生前診断されることによって、適切な分娩施設や分娩方法の選択、適切な新生児治療の準備（疾患によっては胎児治療）の速やかな開始などが可能になり、救命率の向上や後遺症の回避・減少が期待できる異常
3. 治療法がなく致死的な異常
現在の医学では治療することができず、致死的な異常

Table 2 妊娠 18 週～20 週における胎児形態異常スクリーニングのためのチェック項目^{6,7)}

	レベル 1	レベル 2	レベル 2 + α
全身	1. 浮腫は無い。		
頭部	2. BPD（児頭大横径）は妊娠週数相当か。 3. 頭蓋内は左右対称で異常像を認めないか。 4. 頭蓋外に突出する異常像を認めないか。	1. BPD（児頭大横径）は妊娠週数相当か。 2. 頭部横断面で内部は左右対称で異常像を認めないか。 3. 頭蓋外に突出する異常像を認めないか。	1. BPD（児頭大横径）は妊娠週数相当か。 2. 頭部横断面で内部は左右対称で異常像を認めないか。 3. 頭蓋外に突出する異常像を認めないか。
上唇		4. 口唇裂はないか。	4. 口唇裂はないか。
胸部	5. 心臓の位置はほぼ正中で軸は左に寄っているか。 6. 左右心房心室の 4 つの腔が確認できるか。 7. 胸腔内に異常な像を認めないか。	5. 心臓の位置と軸は左に寄っているか。 6. 左右心房心室の大きさのバランスは良いか。 7. 胸腔内に異常な像を認めないか。	5. 心臓の位置と軸は左に寄っているか。 6. 左右心房心室の大きさのバランスは良いか。 7. 胸腔内に異常な像を認めないか。
大血管 など		8. 大動脈と肺動脈がラセン状に走行しているか。 9. 大動脈と肺動脈の太さは略同じか。	8. 大動脈と肺動脈がラセン状に走行しているか。 9. 大動脈と肺動脈の太さは略同じか。 10. 大動脈を左心室から下行大動脈まで追えるか。 11. 肺静脈が少なくとも 1 本は左心房に流入しているか。
腹部	8. 胃胞が左側にあるか。 9. 胃胞、膀胱、胆嚢以外に嚢胞像を認めないか。 10. 腹壁（臍部）から臓器の脱出を認めないか。	10. 胃胞が左側にあるか。 11. 胃胞、膀胱、胆嚢以外に嚢胞を認めないか。 12. 腹壁（臍部）から臓器の脱出を認めないか。	12. 胃胞が左側にあるか。 13. 胃胞、膀胱、胆嚢以外に嚢胞を認めないか。 14. 腹壁（臍部）から臓器の脱出を認めないか。
脊柱・ 殿部		13. 椎体と棘突起が欠損無く並んでいるか。 14. 背中、殿部に異常な隆起を認めないか。	15. 椎体と棘突起が欠損無く並んでいるか。 16. 背中、殿部に異常な隆起を認めないか。
四肢	11. 異常な隆起を認めないか。 12. 十分な長さの四肢が確認できるか。	14. 背中、殿部に異常な隆起を認めないか。 15. 十分な長さの四肢が確認できるか。	16. 背中、殿部に異常な隆起を認めないか。 17. 十分な長さの四肢が確認できるか。
羊水	13. 羊水過多や過少は認めないか。	16. 羊水過多も過少も認めないか。	18. 羊水過多も過少も認めないか。

・レベル 1：2014 年度日本産科婦人科学会周産期委員会小委員会が提案した方法

・レベル 2：日本産科婦人科学会発行「産婦人科研修の必修知識」に掲載されている方法

・レベル 2 + α：レベル 2 に総肺静脈還流異常と大動脈離断（縮窄）を対象とする 2 項目を加えた方法

的には不可能である。

胎児の形態異常は様々な視点から分類されるが、予後の視点から Table 1 のように分類することができる¹⁾。この中で、出生前診断が有意義な 2 と 3 を出生前に見つけ出すことを目的に、出来るだけ多くの胎児を対象にスクリーニングを行い、陽性だった胎児を対象に胎児超音波診断に習熟した医師が精密検査を行うという考え方が一般的である。このスクリーニングの方法に関しては、2005 年に提案された方法²⁾を基にしたスクリーニング法が日本産科婦人科学会の専門医を目指す医師のためのテキストの 2011 年版³⁾に採用され、以後、2014 年版、2016–2018 年版にも採用され続けている。この方法は、条件が良ければ 5 分以内で実施可能な簡便な方法である。しかし、それ以前に専門医になっている産婦人科医も多く、胎児形態異常スクリーニングを全く行っていない施設もあり、超音波検査による出生前診断の恩恵に与かっていない児も少なくないのが実情で

ある。

そこで、日本産科婦人科学会では、現在、胎児形態異常スクリーニングを実施していない施設でも簡単に始められるように上記の方法を簡略化した方法を検討し、2015 年に妊娠 18 週～20 週の推奨チェック項目⁴⁾、2016 年に妊娠 10 週～13 週、妊娠 28 週～31 週における推奨チェック項目⁵⁾を公表している。

Table 2^{6,7)}は、これらの中で胎児形態異常スクリーニングの重要な時期である妊娠 18 週～20 週におけるチェック項目の一覧表である。レベル 1 は日本産科婦人科学会が 2015 年に公表した方法、レベル 2 は産婦人科専門医を目指す医師向けのテキストに 2011 年以降掲載されている方法、レベル 2 + α は、レベル 2 の方法に大動脈離断・縮窄と、総肺静脈還流異常のスクリーニングを含めた方法である。どの方法でもよいというのではなく、レベル 1 に慣れたらレベル 2、さらにレベル 2 + α まで実施することが望ましい。

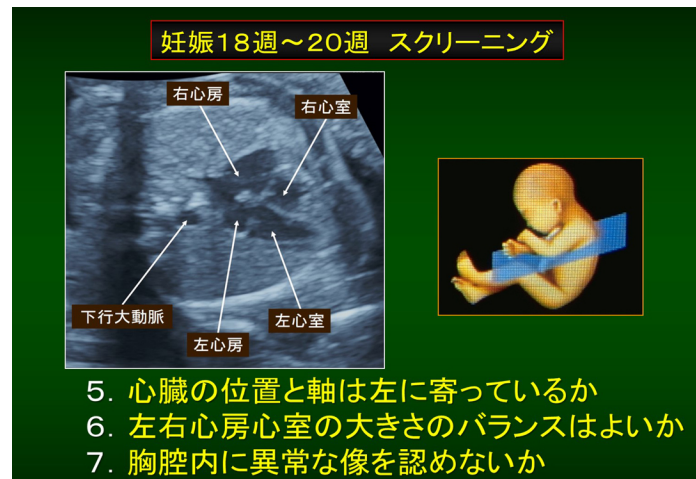


Fig. 2 妊娠 18 週～20 週におけるレベル 2 の心臓に関するチェック項目と超音波断層像

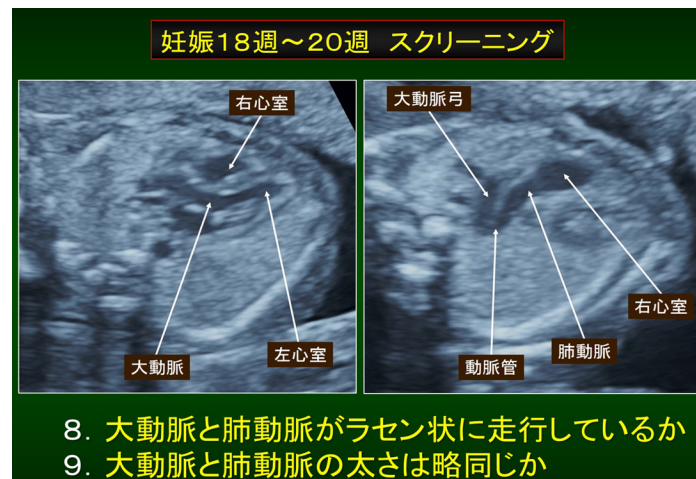


Fig. 3 妊娠 18 週～20 週におけるレベル 2 の心臓に関するチェック項目と超音波断層像

例として、Fig. 2 と Fig. 3 に、レベル 2 における心臓に関するチェック項目を確認する超音波断層像を示す。

III 超音波ドプラ法

超音波ドプラ法は、カラードプラ法、パワードプラ法、パルスドプラ法など超音波ドプラ効果を用いる方法の総称である。

カラードプラ法やパワードプラ法を用いると、血流がカラー表示され、心臓などにおける異常な血流を捉えることができる。また、胎児形態異常スクリーニングのレベル 2+α のチェック項目である肺静脈血流が左心房に流入しているかの確認のためにも用いられる (Fig. 4)。

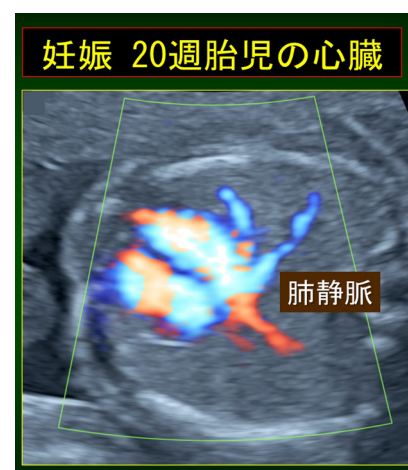


Fig. 4 超音波ドプラ法による妊娠 20 週における肺静脈血流の描出

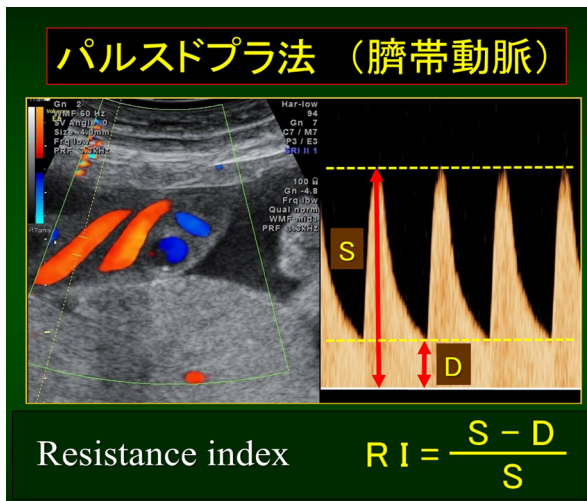


Fig. 5 パルスドプラ法による臍帯動脈 RI の計測

パルスドプラ法を用いると血流波形を描出することができる。Fig. 5 のように血流波形を計測して算出される RI (resistance index) は、計測している動脈よりも末梢側に血液が流れて行き易いか行き難いかを示す指標となるため、胎盤を含めた胎児循環の機能的評価を行うことができる⁸⁾。

胎児に重症の貧血があると胎児中大脳動脈の収縮期最高血流速度が上昇することから、血液型不適合妊娠などで胎児貧血を起こす可能性がある胎児では、パルスドプラ法を用いて中大脳動脈の収縮期最高血流速度が計測される。胎児貧血の有無は最終的には胎児採血によって診断されるが、無侵襲的検査法である超音波検査でスクリーニングすることにより、侵襲的かつ高度な技術が必要な胎児採血の回数を減らすことができる。

IV 胎児治療

胎児に異常があっても、妊娠週数が早すぎるとか、肺低形成の問題があるなど、従来であれば救命することが困難であったケースでも、疾患によっては超音波ガイド下に胎児治療を行うことにより救命できるようになった。

すなわち、超音波診断装置の進歩は胎児異常の診断を可能にただけでなく、胎児貧血に対する胎児輸血や、胎児胸水に対する胸腔羊水腔シャント術 (Fig. 6) のような胎児に対する治療 (胎児治療) をも可能にした⁹⁾。

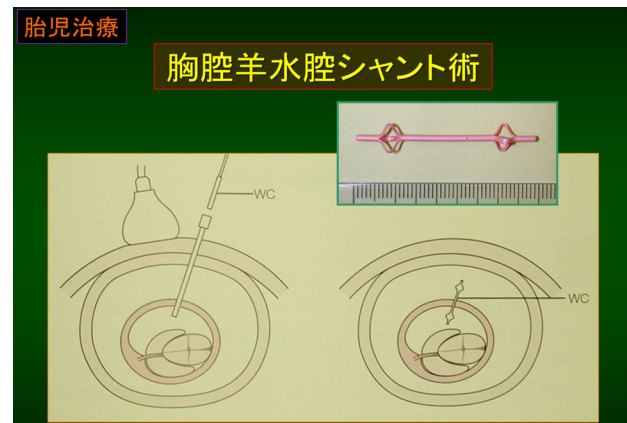


Fig. 6 胎児胸水に対する胎児治療



Fig. 7 3次元超音波による胎児体表の3次元像
耳介低位と小顎を認める。18トリソミーの症例である。

V 3次元超音波

超音波とコンピュータを組み合わせると胎児を立体的に描出できる3次元超音波が出現したのは1986年のことであるが¹⁰⁾、その後のコンピュータを中心とした工学技術の進歩は目覚しく、現在では一般臨床現場にも3次元超音波診断装置が広く普及している。

3次元超音波を用いると、胎児の体表 (Fig. 7) を3次的に観察することができるだけでなく、骨格の3次元像 (Fig. 8)、嚢胞性病変部の3次元像 (Fig. 9) など多彩な3次元像を描出できる。さらに任意の断面を描出することもでき、検査時の胎児の位置や向きにかかわらず正中矢状断面のような基本断面を描出することが可能で、例えば脳梁の有無を

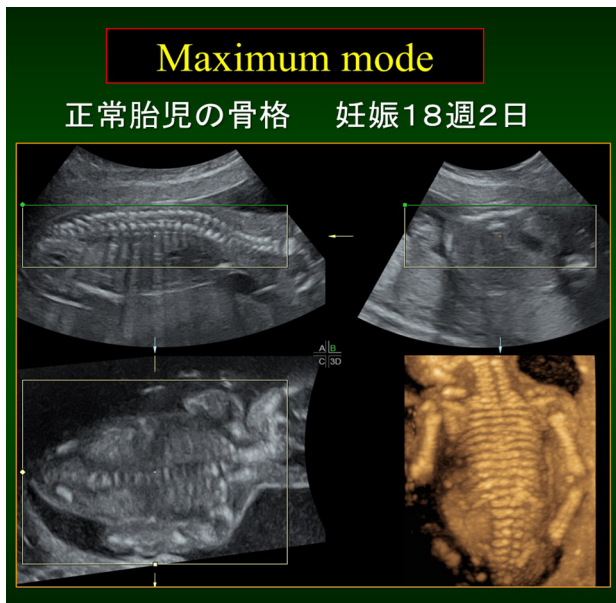


Fig. 8 3次元超音波による胎児骨格の3次元像

確認することができるようになる (Fig. 10).

3次元超音波で使われる3次元プローブは、内蔵された通常の断層法用のプローブを機械的に振ることによって3次元空間を走査していたが、最近、振動子を2次元に配列して、すべての走査を電子的に行うプローブが実用化され (Fig. 11)、リアルタイムに直交する2断面を表示することもできるようになった (Fig. 12).

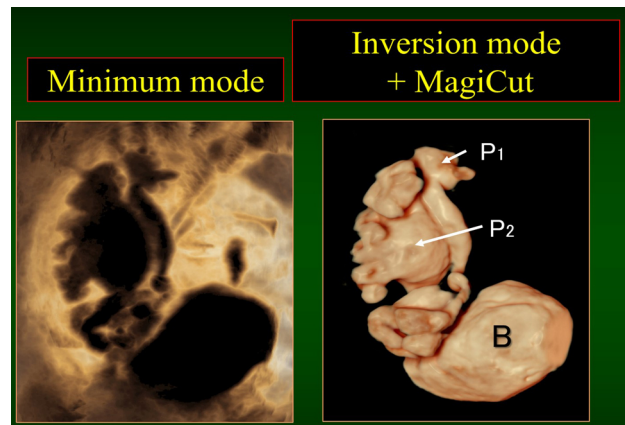


Fig. 9 3次元超音波による重複尿管症例

水腎症と水尿管がある。左は液体部分を表示した像。右は白黒を反転して液体部分を立体的に表示した像。P₁とP₂は2つの腎盂で、Bは膀胱。

VI CT, MRI

胎児の画像診断はほとんどが超音波検査によるが、骨系統疾患に対して3次元CTが使われることがある (Fig. 13).

超音波が届きにくい頭蓋内や胸郭内の異常に対してはMRIが用いられる (Fig. 14) が、超音波が届く部位では、超音波のほうが、微細な病変を捉えることができる場合もある (Fig. 15, 16).

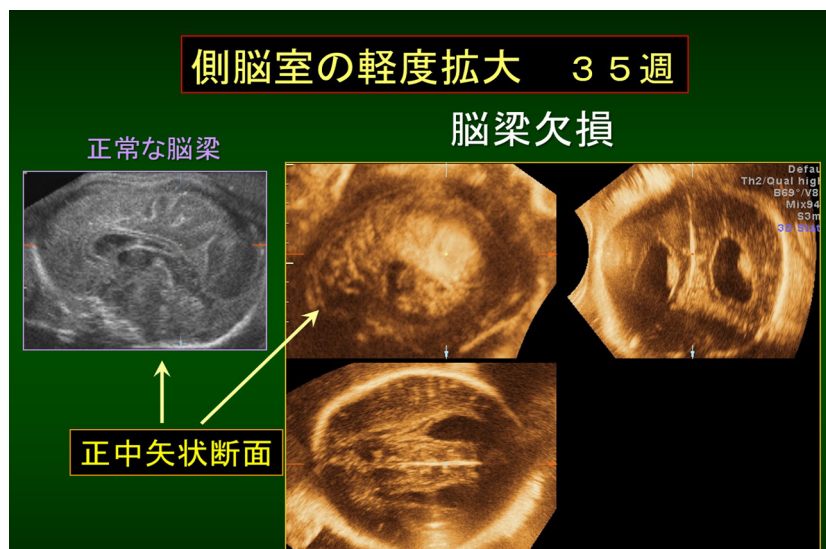


Fig. 10 3次元超音波による直交3断面表示

妊娠35週の脳梁欠損症例。任意の断面を表示する機能を用いて、検査時の胎児の位置や向きによらず、正中矢状断面、前額断面、横断面の3つの断面を1つの画面上に描出できる。左の「正常な脳梁」の断面は別の胎児の断面。



Fig. 11 3次元超音波プローブ
右の2D（超音波断層法）プローブは比較のため。

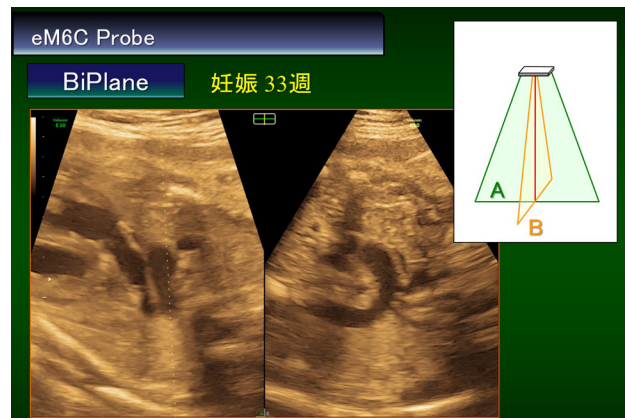


Fig. 12 電子走査型の3次元プローブによるリアルタイム直交2断面表示
左は胸部横断像、右はそれに対して直交する断面。大動脈弓が描出されている。



Fig. 13 3次元CTによる胎児骨格の3次元像
妊娠29週。双胎症例で、一児は妊娠20週で死亡し、生児は左肋骨欠損と二分脊椎がある。

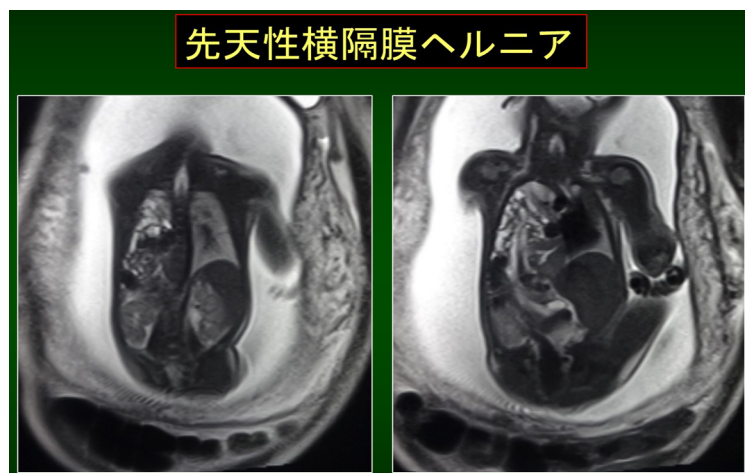


Fig. 14 胎児MRI像
妊娠34週の先天性横隔膜ヘルニア

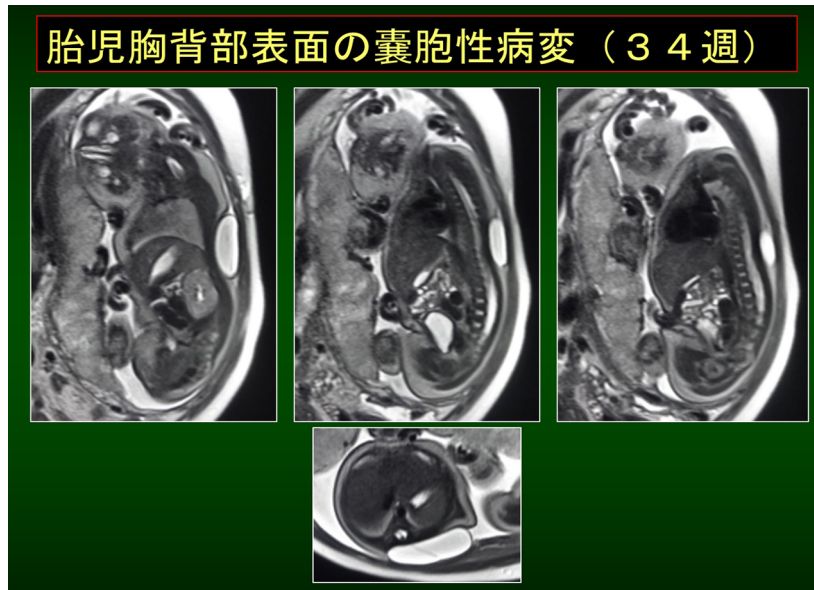


Fig. 15 胎児 MRI 像
妊娠 34 週. 脊髄髄膜瘤が疑われるが脊髄腔と瘤の連続性が不明.

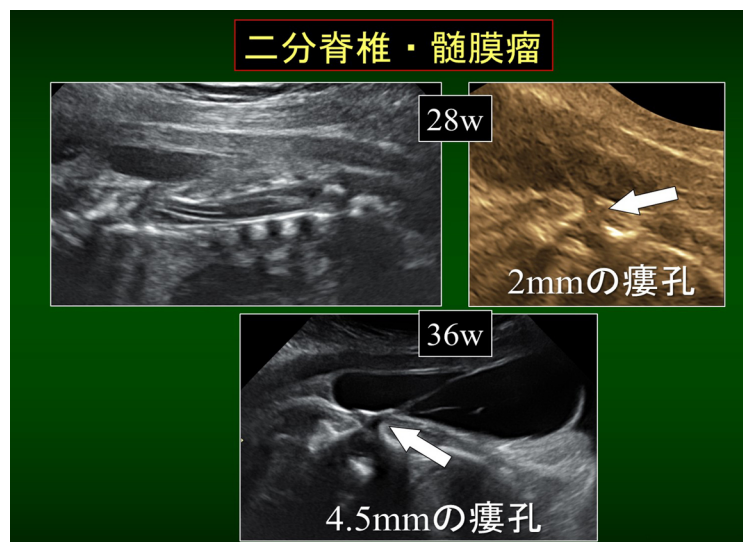


Fig. 16 脊髄髄膜瘤の超音波断層像
Fig. 15 と同じ症例. MRI よりも早い週数（妊娠 28 週）でも小さな瘻孔が確認できている. 36 週では脊髄が髄膜瘤内に伸びて行っているのが明瞭に描出されている.

VII 結 語

超音波断層診断装置の出現とその進歩により、周産期における画像診断は劇的な進歩を遂げている。超音波が苦手とする骨や骨に囲まれた部分の観察には、3次元CTやMRIも使われ、胎児診断の助けとなっている。

経膈プローブ、超音波ドプラ法、3次元超音波な

どの新技術も開発され、母体内に隠れている胎児の形態や血行動態など様々な情報を得ることができるようになった。さらに超音波診断装置によって胎児治療も可能になり、「Fetus as a Patient」という概念が現実のものとなってきている。その一方で、未だ十分な超音波検査を受けていない胎児も少なくない。今後、超音波胎児形態異常スクリーニングの一層の普及によって、出生前診断の恩恵から漏れる胎児が少しでも減ることを期待したい。

日本小児放射線学会の定める利益相反に関する開示事項はありません。

文 献

- 1) 馬場 一憲：胎児形態異常スクリーニング総論. 馬場一憲 (編). 超音波胎児形態異常スクリーニング. 東京：文光堂, 2015: 2-5.
- 2) 馬場 一憲：重篤な胎児異常を見逃さないために (妊娠 20 週以前のチェック項目). 埼玉県産婦人科医会報 2005; 36: 39-41.
- 3) 馬場 一憲：妊娠中の胎児診断 (形態異常のスクリーニング). 日本産科婦人科学会 (編). 産婦人科研修の必修知識 2011. 東京：日本産科婦人科学会, 2011: 109-113.
- 4) 日本産科婦人科学会周産期委員会：超音波による胎児評価に関する小委員会報告 (2015 年 6 月). [http://fa.kyorin.co.jp/jsog/readPDF.php?file=67/6/067061517](http://fa.kyorin.co.jp/jsog/readPDF.php?file=67/6/067061517.pdf).pdf (参照 2016/10/10)
- 5) 日本産科婦人科学会周産期委員会：超音波による胎児評価に関する小委員会報告 (2016 年 6 月). [http://fa.kyorin.co.jp/jsog/readPDF.php?file=68/6/068061381](http://fa.kyorin.co.jp/jsog/readPDF.php?file=68/6/068061381.pdf).pdf (参照 2016/10/10)
- 6) 馬場 一憲, 市塚 清健 (編)：超音波胎児形態異常スクリーニング. 東京：文光堂, 2015.
- 7) 馬場 一憲, 市塚 清健 (編)：正常がわかる胎児超音波検査. 東京：文光堂, 2016.
- 8) 神崎 徹：胎児胎盤循環系の評価法とその異常. 馬場 一憲 (編). 目でみる妊娠と出産. 東京：文光堂, 2013: 68-69.
- 9) 村越 毅：胎児治療. 馬場 一憲 (編). 目でみる妊娠と出産. 東京：文光堂, 2013: 74-75.
- 10) Baba K, Satoh K: Development of the system for ultrasonic fetal three-dimensional reconstruction. Acta Obstetrica et Gynaecologica Japonica 1986; 38(8): 1385-1986.