

総説

第34回 日本小児放射線学会教育講演より

新生児中枢神経疾患の超音波診断

石蔵礼一, 安藤久美子, 池田譲太, 富永 了, 中尾宣夫, 森川 努¹⁾

兵庫医科大学 放射線医学教室, 宝塚市立病院 放射線科¹⁾

Transcranial Neurosonography of Infantile Diseases

Reiichi Ishikura, Kumiko Ando, Jouta Ikeda, Satoru Tominaga,
Norio Nakao, Tsutomu Morikawa¹⁾

Department of Radiology, Hyogo College of Medicine
Department of Radiology, Takaraduka Municipal Hospital¹⁾

Abstract Ultrasonography is one of the most useful diagnostic tool for infants because of its non-invasiveness and feasibility for repeated examination. During infancy we can use anterior fonticulus for acoustic window to examine intracranial diseases by ultrasonography. Sector type probe of 5.5MHz is favorable for screening examination. Although most pathologic lesions such as hematomas, ischemic lesions and tumors show hyperechogenicity on B-mode ultrasonography, diagnosis is usually easy because each disease occurs at specific location of specific aged infant. In this paper, we explain sonographic features of normal brain anatomy and common intracranial diseases of infants such as intraventricular hemorrhages, asphyxial-ischemic diseases, intracranial infectious diseases, hydrocephalus, and congenital brain tumors. We also present intracranial vascular imagings shown by power Doppler ultrasonography which is suggested to add some qualitative information to B-mode sonography.

Key words Ultrasonography, Transcranial, Infant, Brain Diseases

はじめに

新生児の中枢神経疾患はほとんどが出血または虚血性疾患であり, 疾患の原因と患児の修正年齢によって病変部位が特異的という特徴をもつ。またそれらの病変は繰り返しの経過観察が必要である。しかし, 患児の多くは早期産児でありクベース内で集中治療を受けている。超音波検査は質的診断ではCT, MRIに劣るが存在診断には優れ, ベッドサイドで簡便検査を行え

る点で, 新生児の検査法としては最も優れている。幸い新生児では大泉門をアコースティック・ウィンドウとして用いるため超音波による頭蓋内病変の検索が可能である。

本稿では, 新生児中枢神経疾患の超音波診断について主な疾患のBモード像の特徴について概説するとともに, 筆者らが検討を行っているパワードップラー法の有用性についても簡単にふれる。

検査手技と正常解剖

当施設では横河LOGIQ 500を使用し5.5 MHzのセクター型プローベを基本として、深部の観察には3.5MHz、硬膜下水腫などの表層の病変には7.5MHzのプローベを使用している¹⁾。

アコースティック・ウィンドウには基本的に大泉門を用いているが、後頭蓋窩の観察には小泉門、頭蓋底の観察には側頭部からのアプローチを適宜加えている。超音波画像は冠状断像、矢状断像を基本とする²⁾。標準設定断面は冠状断像は前頭葉から側脳室体部を確認し側脳室後方の頭頂葉白質までの6スキャン、矢状断像はシルビウス裂から側脳室後角レベル、正中構造レベルを含み両側で7スキャンを基本とする。

B-モード法にて、大脳実質に比べ脳溝はやや高輝度に、脳槽と脳室は低輝度に、脈絡叢は高輝度に描出される。また小脳半球は大脳実質に比べて高輝度をしめす²⁾。

胎生期後半は脳回の形成が進む時期である³⁾。このため在胎が短い症例では正期産児に比して脳回の形成が未熟である。胎齢30週以下の早期産児ではしばしば小脳低形成や滑脳症に似た所見が得られるが、週を重ねるにつれて正常脳回の形成を認める^{4,5)}。(Fig.1)

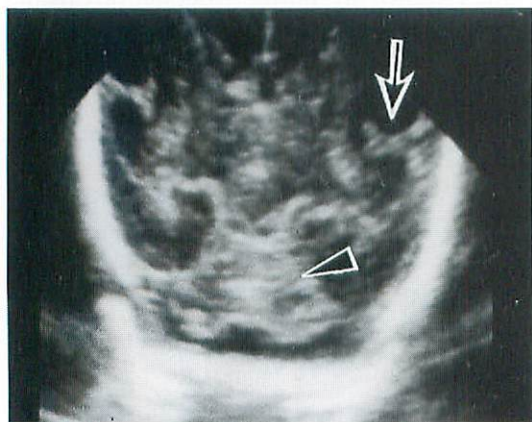


Fig.1 Normal coronal sonographic image of preterm infant (26th week of gestational age)

Sylvian fissures are shallow mimicking lissencephaly (arrow). Also note the small cerebellum (arrowhead).

B-モード法による疾患別超音波所見

1) 頭蓋内出血

頭蓋内出血は早期産児・正期産児ともにおこりうるが、早期産児の方が頻度が高く、原因は新生児仮死などの低酸素・虚血状態が多い⁶⁾。正期産児では出血素因・外傷・血管奇形・出血性梗塞などが原因となる。部位別にみると、早期産児では脳室上衣下出血、脳室内出血が多いのに対して、正期産児では皮質・皮質下出血・硬膜下水腫が多い^{7,8)}。

脳室上衣下出血は脳室上衣下胚層 (subependymal germinal matrix) からの出血である。germinal matrixは胎生初期に脳室周囲に見られ、尾状核頭部から視床で厚いが、胎齢が進むにつれ退縮し、正期産児では痕跡的となる⁹⁾。従って脳室上衣下出血は早期産児に多く、正期産児では少ない。脳室上衣下出血はしばしば脳室内への穿破を来し、脳室拡大の原因となる。臨床分類はPapileによってなされたものが一般に用いられている (Table 1)¹⁰⁾。

Grade Iの脳室上衣下出血は側脳室脈絡叢の前縁の前方に高輝度の腫瘍影として見られる。小さい出血は正常な脈絡叢との鑑別が困難である (Fig.2a)。慢性期にはしばしば嚢胞様変化を来して内部が低輝度領域を呈する。Grade IIでみられる脳室内出血は少量であることが多く、側脳室後角または三角部の脈絡叢に付着した血腫が見られる (Fig.2b)。Grade IIIでは、拡大した側脳室内に大量の血腫をみることが多い (Fig.2c)。なお正期産児の脳室内血腫は脈絡叢そのものからの出血であると考え

Table 1 Intracranial Hemorrhages of Infants (Modified from Papile¹⁰⁾)

Grade I	: Germinal matrix hemorrhages
Grade II	: Intraventricular hemorrhages without ventricular dilatations
Grade III	: Intraventricular hemorrhages with ventricular dilatations
Grade IV	: Intraventricular hemorrhages with periventricular hemorrhages

られている。GradeⅣでみられる脳内血腫は脳室周囲の白質に多い (Fig.2d). periventricular echodensities (PVE) との鑑別が問題となるが、急性期では、著明な高輝度と内部の不均一さが、慢性期では壁の厚い嚢胞の形成が鑑別点となる¹¹⁾。

硬膜下血腫は分娩時外傷に伴うものが多い。

急性期は高輝度、慢性期は低輝度として描出される¹²⁾。穹隆部の硬膜下血腫は表面に近くエコーで診断しにくい部位であるが7.5MHz以上の高周波数プローブが有用である。また吸引分娩でしばしば後頭部に見られる硬膜下血腫は大泉門からは観察しにくい。このような場合小泉門アプローチが有用となる¹³⁾。

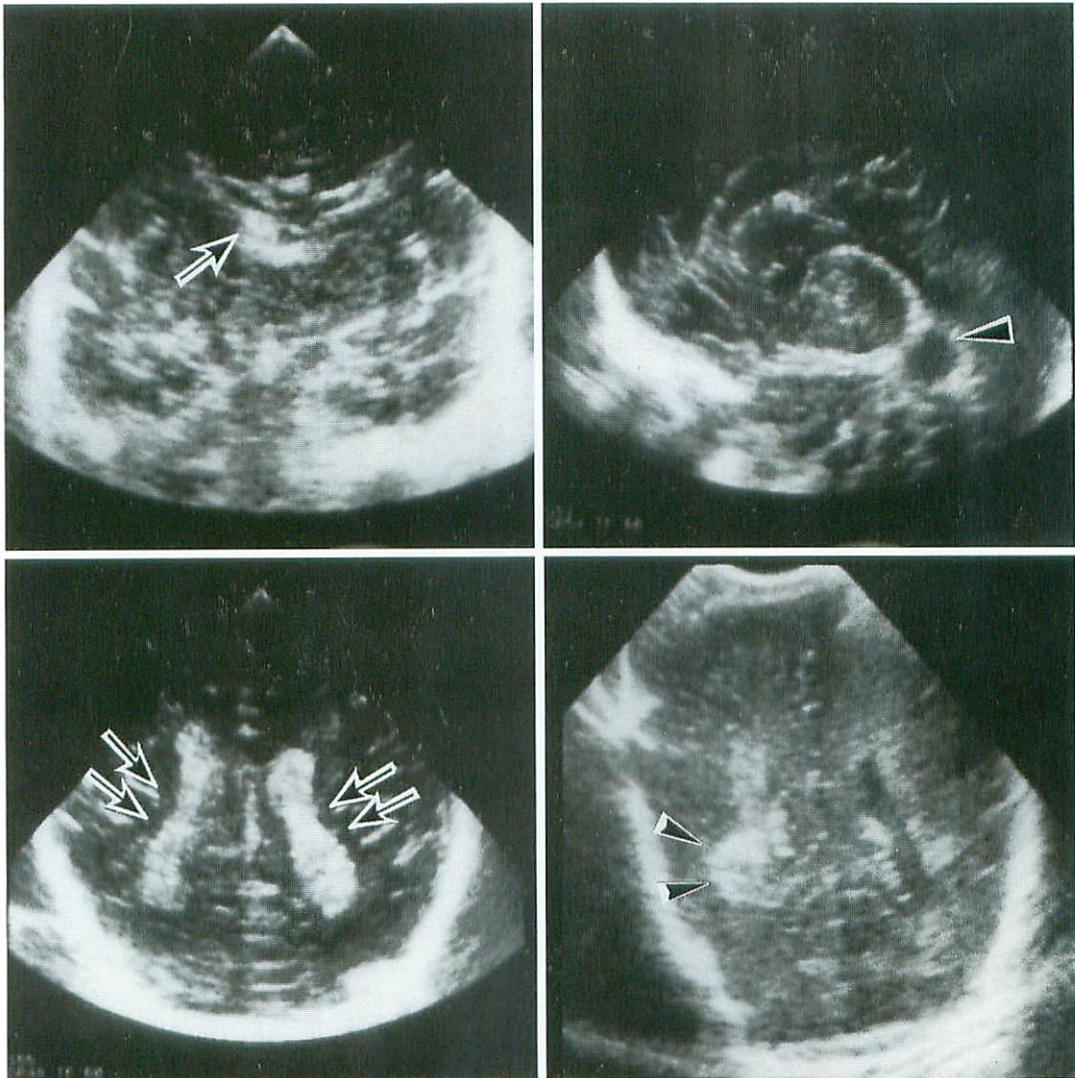


Fig.2 Intracranial hemorrhagic lesions

- a : Coronal image of grade I intracranial hemorrhage (Subepinedymal hemorrhage: arrow)
- b : Parasagittal image of grade II intracranial hemorrhage (Intraventricular hematoma of subacute phase without ventriculomegaly : arrowhead)
- c : Paraaxial image of grade III intracranial hemorrhage (Massive intraventricular hemorrhage with ventriculomegaly: arrows)
- d : Paraaxial image of grade IV intracranial hemorrhage (Intraparenchymal hemorrhage of acute phase : arrowheads)

a	b
c	d

クモ膜下出血は外傷、重症の低酸素脳症などに伴うが、超音波では脳槽内が正常でも高輝度として見えるため見逃しやすい。細菌性髄膜炎とも画像上、鑑別困難である¹⁴⁾。

2) 低酸素虚血性疾患

低酸素虚血性疾患も早期産児と正期産児で好発部位が異なっている。早期産児では、脳室周囲白質脳症が多いのに対して、正期産児では基底核や皮質下梗塞、広汎な脳虚血が多い¹⁵⁾。

脳室周囲白質軟化症(PVL)は脳室周囲白質に見られる多発性軟化巣である (Fig.2c)。こ

の部位は早期産児においては解剖学的に脳表から脳室方向に向かうventriculopedal arteryと脳室方向から脳表に向かうventriculofugal arteryの分水嶺領域となっているため仮死、低酸素血症、血圧低下、脳血管の攣縮などによる虚血性変化を来しやすい¹⁶⁾。好発部位は側脳室後角外側、放線冠、側脳室前角外側の脳室壁から3~10mmの白質で、両側性に出現する。

超音波では、急性期には高輝度領域としてみられるが、次第に低輝度な囊胞性病変となったあと、数ヵ月をかけて脳室拡大を残して吸収さ

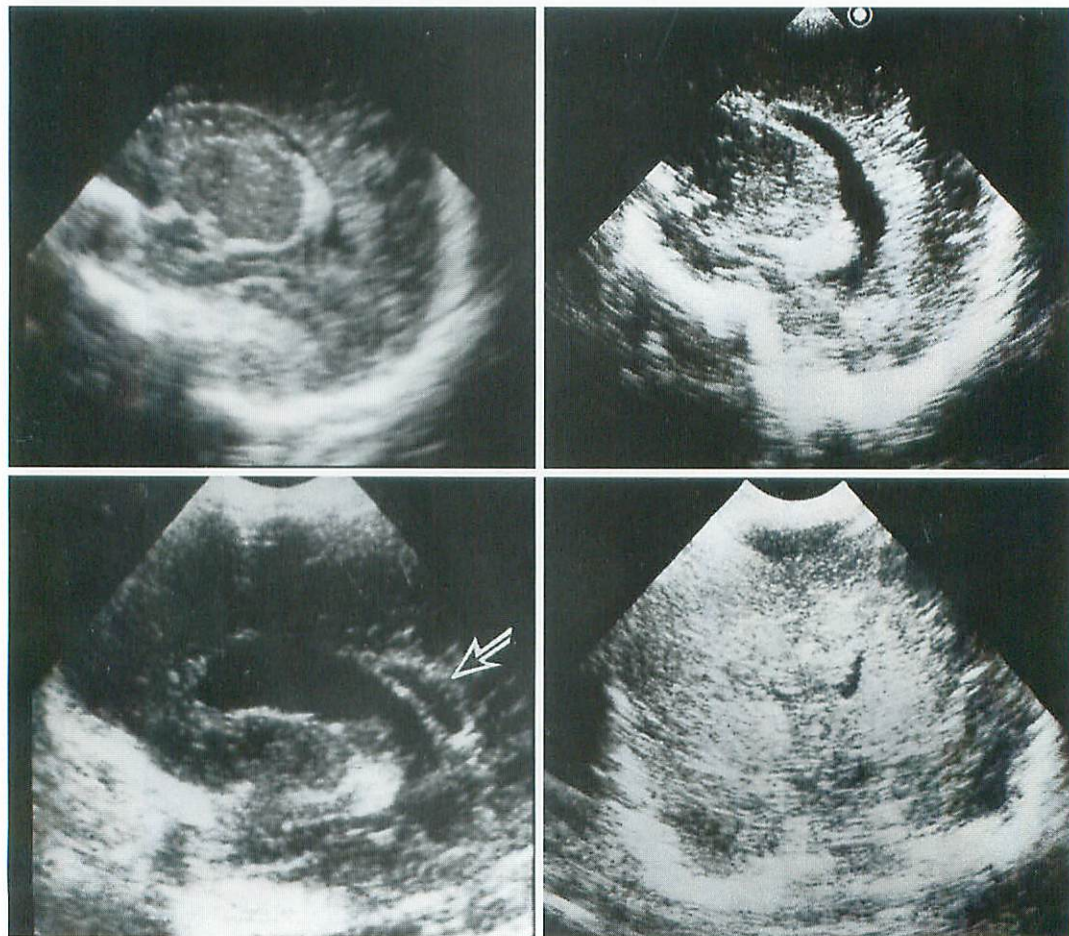


Fig.3 Hypoxic-ischemic lesions

- a : Parasagittal image of grade I periventricular hyperechoic lesion of normal preterm infant
- b : Parasagittal image of grade III periventricular hyperechoic lesion of preterm infant with asphyxia
- c : Parasagittal image of periventricular leukomalacia (arrow) of the same infant seen in the follow up study.
- d : Coronal image of brain edema and pan-cerebral hyperechoic area due to diffuse cerebral insults.

a	b
c	d

れる¹⁷⁾ (Fig.3a,b,c).

早期産児は正常例でも脳室後角周囲に軽度のPVEを伴っている。PVEの分類をTable 2に示す¹⁸⁾。PVE 1-2度の多くは成長とともに軽快するが、PVE 3度を示す変化はしばしばPVLに移行するため、厳密な経過観察が必要である。

正期産児の脳梗塞は重症仮死、髄膜炎に伴うことが多く、基底核や前・中・後大脳動脈の分水嶺領域に多い。PVLを伴っていることもある。超音波上は急性期には高輝度領域と周囲の低輝度領域としてみられ、慢性期には萎縮、孔脳症 (porencephaly) を来す。

広汎な脳虚血は著しい低酸素、低血糖状態を原因とし、正期産児に多い¹⁹⁾。急性期は脳浮腫により脳全体の輝度上昇を認め、脳溝が認めにくい (Fig.3d)。亜急性期には壊死によるSwiss cheese patternを示し、慢性期には脳萎縮を来す。

Table 2 Periventricular echodensities(PVE)
(Modified from Pedicick¹⁸⁾)

Grade 1 :	Echodensities less echogenic than the choroid plexus
Grade 2 :	Heterogenous periventricular echodensities equal in brightness to the choroid plexus
Grade 3 :	Heterogenous echodensities brighter than the choroid plexus or extending into the brain for a distance at least twice the diameter of the ventricles

3) 頭蓋内感染症

新生児においては細菌性髄膜炎とそれに起因する脳室炎が多い。起炎菌は黄色ブドウ球菌、大腸菌、緑膿菌が多く、しばしば敗血症に続発する²⁰⁾。

初期の細菌性髄膜炎の超音波所見は、脳溝の輝度上昇、軽度の脳室拡大である。進行すると硬膜下の液体貯留、脳浮腫による脳実質の輝度

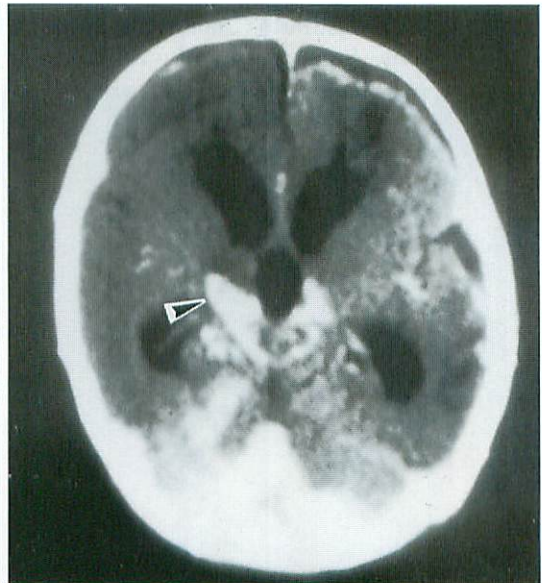
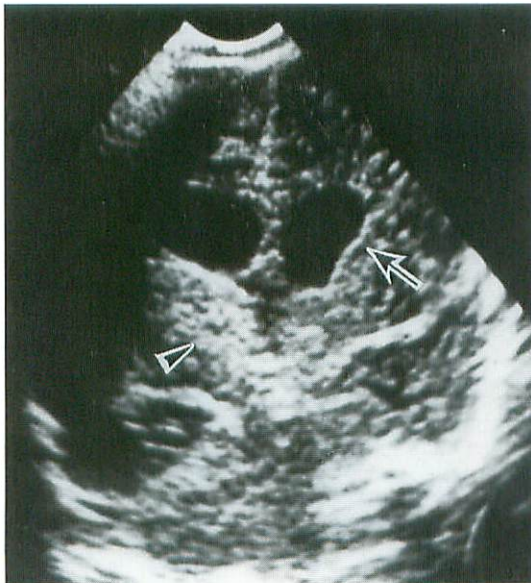


Fig.4 Bacterial meningitis with ventriculitis and thalamic abscess

a | b

a : Coronal echogram.

b : Contrast enhanced CT image. Ventricular wall shows hyper-echogenicity (arrow). Hyperechoic right thalamus (arrowhead) is enhanced by contrast medium on CT image and is suggested to be a brain abscess.

上昇，水頭症，脳膿瘍などを認める．脳室炎を来すと超音波上拡大した脳室内の高輝度浮遊物と，脳室壁の輝度上昇が見られる(Fig.4a,b)．脳膿瘍は新生児にはまれであるが，超音波では急性期には全体に高輝度領域としてみられ，次第に中心に低輝度域が現れる．壁が厚く不整なことを特徴とする²¹⁾．



Fig.5 Mid-sagittal echogram of obstructive hydrocephalus due to aqueduct stenosis (Stenotic aqueduct:arrow).



4) 水頭症

超音波検査は冠状断において，Monro孔，矢状断において第3脳室—中脳水道—第4脳室の観察が容易であり，非交通性水頭症と交通性水頭症の鑑別，原因の検索に有用である(Fig.5)．非交通性水頭症の原因としては中脳水道狭窄症，Chiari奇形などの先天奇形，出血，炎症，髄芽腫などの腫瘍，交通性水頭症の原因としては，脈絡叢乳頭腫などによる髄液産生過剰，くも膜下出血や髄膜炎後の髄液吸収不全が挙げられる²²⁾．

5) 脳腫瘍

生後1年以内に見られる脳腫瘍は先天性で発見時大きいことが多い．また1歳以降の小児と異なりテント上病変が多い^{23,24)}．組織学的には，テント上では視床下部の星細胞腫，奇形腫，脳室内の脈絡乳頭腫および乳頭癌，テント下では髄芽腫，脳室上衣腫などが見られる．多くが実質性成分を主とするため，超音波検査ではいずれも周囲組織よりも高輝度領域として描出される．輝度による鑑別診断は困難だが，腫瘍の存在部位と形態の把握は可能である(Fig.6a,b)．

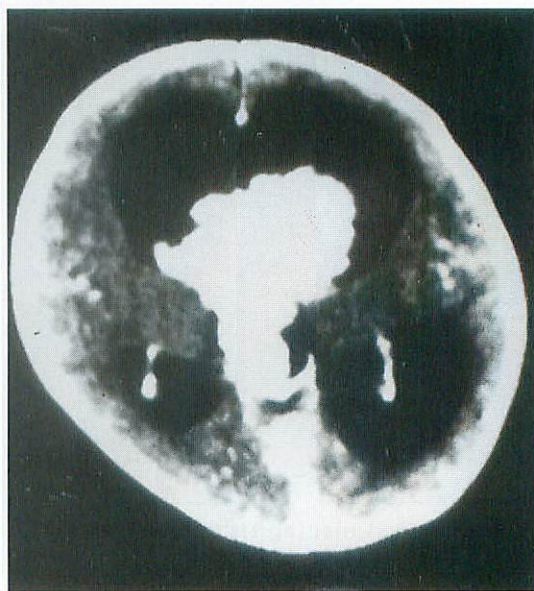


Fig.6 Choroid plexus papilloma of term infant

a : Coronal echogram

b : Contrast enhanced CT image. High echoic papillary tumor extended from IIIrd ventricle to lateral ventricle is clearly visualized by echogram and enhanced CT.

a | b

6) 脳形成異常

超音波は形態診断に優れ、また矢状断と冠状断による観察が可能のため、脳形成異常の診断に優れている。しかし、超音波はその減衰により観察できる範囲が限られている¹⁾。よってしばしば著明な頭囲拡大を来す全前脳胞症、Dandy-Walker症候群などでは十分な観察が困難となる場合がある。また、前述のごとく胎齢30週未満の早期産児では、脳回の形成が不十分のため、滑脳症や小脳低形成を疑わせる像を呈することがあり、症例の週齢も考慮して診断を進める必要がある^{4,5)}。

超音波パワードップラー法

パワードップラー法 (PDUS) は流れの方向の情報を犠牲にした代償に、角度依存性の減少・低速流の感度改善を可能にしたドップラー

法であり、屈曲蛇行した脳血管の描出には適していると考えられる²⁵⁾。筆者らの検討ではPDUSにより新生児脳の主幹動脈及びその主要分枝の描出が可能であるのみならず、外側線条体動脈、視床穿通動脈などの深部灰白質穿通動脈の観察が可能である (Fig.7a,b)。これら穿通枝や中大脳動脈の末梢は、一断面で観察が困難である場合もMIPによる3次元表示にすれば観察は容易となる (Fig.7c)^{26,27)}。臨床例においては両側レンズ核領域の虚血性病変を有した症例でPDUSにて両側外側線条体動脈が描出されなかった。大脳半球に広汎な脳虚血が見られた症例では、両側外側線条体動脈のみならず両側中大脳動脈も描出されず、PDUSにて脳の血流低下を判定できる可能性が示唆された。脳腫瘍例では、PDUSにて腫瘍による血管の圧排偏位が描出され、また腫瘍内のドップ

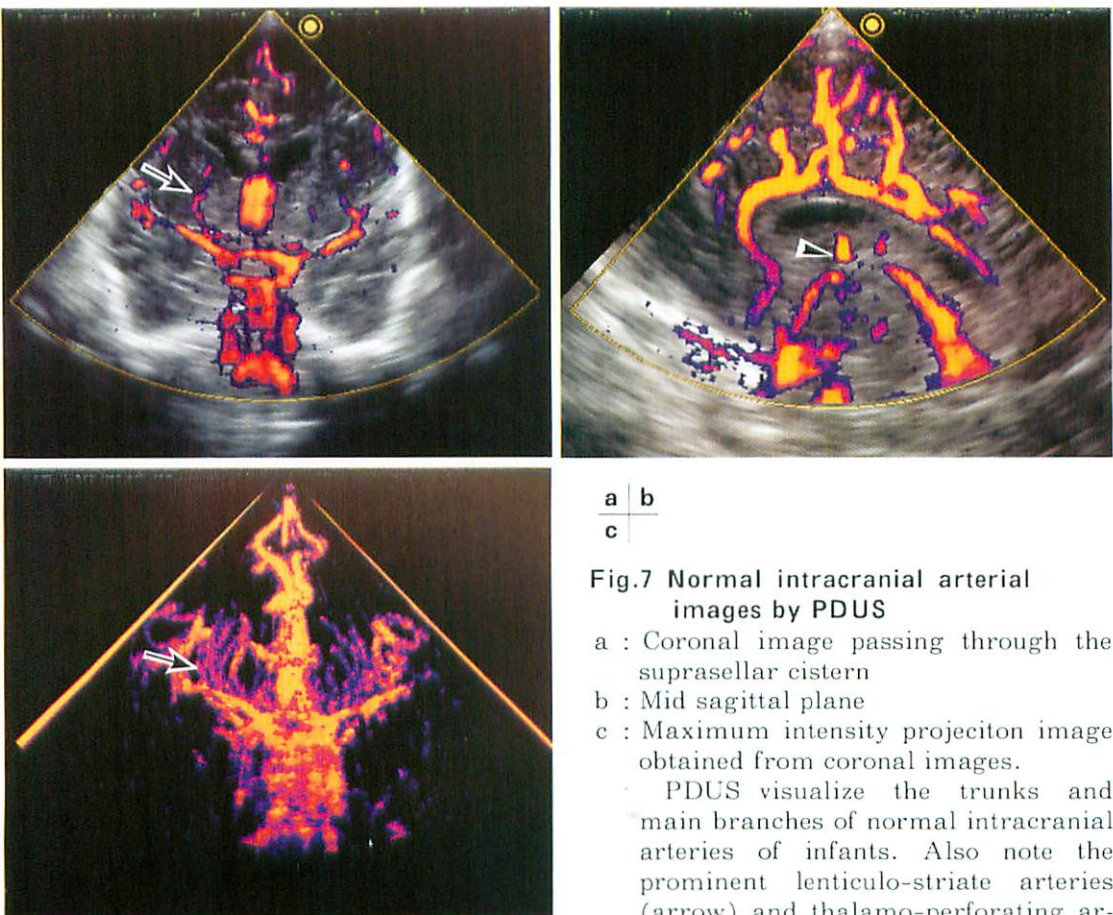


Fig.7 Normal intracranial arterial images by PDUS

- a : Coronal image passing through the suprasellar cistern
- b : Mid sagittal plane
- c : Maximum intensity projection image obtained from coronal images.

PDUS visualize the trunks and main branches of normal intracranial arteries of infants. Also note the prominent lenticulo-striate arteries (arrow) and thalamo-perforating arteries (arrowhead).

ラー信号の存在から腫瘍血管の多寡の判定が可能であった。脳形成異常例の検討では、MIP像から血管の走行異常は把握可能であった。

解決されるべき点は多くあるが、PDUSは、B-モード法に血流情報という質的情報を付加するものとして新生児頭蓋内疾患の診断に有用と考えられる。

おわりに

新生児頭部領域の超音波診断は施設により小児科医、脳外科医、放射線科医が検査を行っているが、専門に検査をしている場合が少なくと思われる。そこで、本稿では小児脳エコーのスクリーニング検査法と日常遭遇することが多い疾患を中心にその有用性を概説した。

検査数としては腹部領域に比べ多くはないが、患児を移動せずに検査可能な頭部領域の超音波検査はB-モード法の画質の改善やPDUSによる血管の情報の付加により、今後より発展するもの考える。

本稿が少しでも読者諸兄の日常診療に役立てば幸いである。

●文献

- 1) 内藤久美子, 伊藤勝陽: 装置の調整における注意点—カラードプラー法も含めて—. 画像診断 1996; 16: 596-603.
- 2) Fischer A, Maertens P: Neonatal neurosonography, Techniques and normal anatomy, Neurosonology, 289-304, Ed by Tegeler CH, et al., Mosby, 1995.
- 3) 奥寺利男, 中村康寛, Huang YP: 脳血管の発達 脳表面. 小児の頭部画像診断, 21-40, 竹下研三編, 南江堂, 1993.
- 4) Chi JG, Dooling EC, Gilles FN: Gyral development of the human brain. Ann Neurol 1997; 1: 86-93.
- 5) Huang CC, Lu C: The differences in growth of cerebellar vermis between appropriate-for age and small-for-gestational-age newborns. Early Hum Dev 1993; 33: 9-19.
- 6) Hambleton G, Wigglesworth JS: Origine of intraventricular hemorrhage in the preterm infant. Arch Dis Child 1976; 51: 651-659.
- 7) 高嶋幸生, 吉野邦男, 小栗良介, 他: 新生児頭蓋内出血の病理. 日本新生児学会雑誌 1981; 17: 106-114.
- 8) Bergman I, et al: Intracerebral hemorrhage in the full term neonatal infant. Pediatrics 1985; 75: 488-496.
- 9) Gressens P, Richelme C, Kadhim HJ, et al: The geminative zone produces the most cortical astrocytes after neuronal migration in the developing mammalian brain. Biol Neonate 1992; 61: 4-24.
- 10) Papile L, Burnstein J, Brunstein R, et al: Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage: A study of infants with birth weight less than 1,500 gm. J Pediatr 1978; 92: 529-534.
- 11) Grant EG, Borts F, Schellinger D, et al: Cerebral intra paraneural hemorrhage in neonates: sonographic appearance. AJNR 1981; 2: 129-132.
- 12) Huang CC, Shen EY: Tentorial subdural hemorrhage in term newborns: ultrasonographic diagnosis and clinical correlates. Pediatr Neurol 1991; 7: 171-177.
- 13) Maertens P: Imaging through the posterior fontanelle: J Child Neurol 1989; 4: 562-567.
- 14) Kazam E, Rudelli R, Monte W, et al: Sonographic diagnosis of cisternal subarachnoid hemorrhage in the premature infant. AJNR 1994; 15: 1009-1020.
- 15) Barkovich AJ: MR of perinatal asphyxia: Correlation of gestational age with pattern of damage. AJNR 1990; 11: 1087-1096.
- 16) Flodmark O, Lupton B, Li D, et al: MR imaging of periventricular leukomalacia in childhood. AJNR 1989; 10: 111-118.
- 17) 橋本和弘, 喜田義和, 竹内 豊: 脳室周囲高エコー域の予後—嚢胞状脳室周囲白質何かとの関係. 脳と発達 1993; 25: 412-416.
- 18) Pedcock FS, et al: Neurosonographic features of periventricular echodensities with cerebral palsy in preterm infants. J Pediatr 1990; 116: 417-422.
- 19) Barkovich AJ: MR and CT evaluation of profound neonatal and infantile asphyxia. AJNR 1992; 13: 959-972.
- 20) Han BK, Babcock DS, Mc Adams L: Bacterial meningitis in infants: sonographic findings. Radiology 1985; 154: 645-650.
- 21) Johnson SC, Kazzi NJ: Candida brain abscess: a sonographic mimic if in-

- tracranial hemorrhage. J Ultrasound Med 1993 ; 4 : 237-239.
- 22) Barkovich AJ : Hydrocephalus-Clinical aspects of hydrocephalus, Pediatric Neuroimaging, 440-441, Raven Press, 1995.
- 23) Radkowski MA, Nidich TP, Tomita T, et al : Neonatal brain tumors : CT and MR findings. J CAT 1988 ; 12 : 10-20.
- 24) Jooma R, Kendall BE : Intracranial tumors in the first year of life. Neuroradiology 1982 ; 23 : 267-274.
- 25) 東泉隆夫 : カラー Doppler の新技術. 臨床画像 11, 1995 ; 10-16.
- 26) 石蔵礼一, 安藤久美子, 富永 了, 他, 超音波パワード Doppler 法による新生児脳血管描出能の検討. 小児放射線学会誌 14, 1998 ; 114-119.
- 27) Berger G, Rosch P, Steffgen L : 3D-Rekonstruktion intrakranieller Gefasse mit Hilfe des Colour-Doppler : Energy (CDE)-Verfahrens-Erste Versuche. Ultraschall in der Medizin. 1996 ; 17 : 277-280.
-