

原 著 論 文

超音波パワードップラー法による 新生児脳血管描出能の検討

石蔵礼一, 安藤久美子, 富永 了, 櫛崎勝弘
高安幸生, 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 Power Doppler Imaging of Infants: Visualization of Normal Intracranial Arteries

Reiichi Ishikura, Kumiko Ando, Satoru Tominaga, Katuhiro Narasaki,
Yukio Takayasu, Norio Nakao, Tsutomu Morikawa¹⁾

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

Abstract Twenty-five infants underwent Power Doppler Ultrasonography (PDUS) on day 1 to day 31 after birth. Anterior fontanelles were used as acoustic windows. PDUS clearly visualized intracranial segments of the internal carotid arteries in 100% of cases, and M1-M2 portions of the middle cerebral arteries in 80%. Acoustic windows of fourteen cases were small because of small anterior fontanelles. In these cases the M3-M4 portions of the middle cerebral arteries were out of the field of view (FOV). A1-A4 portions of the anterior cerebral arteries were visualised in 100% of cases, although in all the cases there were fused A2 portions. In the posterior circulation, PDUS visualized the P1-P3 portions of the posterior cerebral arteries in 100% of cases, and basilar arteries in 100%. Multiple prominent lenticulo-striate arteries and thalamo-striate arteries were identified in 88% and 75% of cases, respectively. PDUS is a non-invasive examination for infants and can visualize the trunks and main branches of normal intracranial arteries of infants.

Key words Power Doppler, Intracranial arteriogram, Infant

はじめに

超音波パワードップラー法は、流れの方向の情報を代償にする一方で角度依存による信号減

少や低速流の感度改善を目的としたドップラーイメージ法である^{1,2)}。パワードップラー法ではカラードップラー法と違い、血流がある血管はその血流の方向に関係なく連続した血管像と

原稿受付日：1997年10月23日，最終受付日：1997年12月27日

別刷請求先：〒663-8501 西宮市武庫川町1-1 兵庫医科大学 放射線医学教室

して描出できる。このため血管が脳表に沿って蛇行して走行する脳血管の描出に適すると考えられる³³⁾。しかし超音波パワードップラー法による脳血管の描出を検討した報告は少ない⁴⁾。

新生児においては、大泉門をacoustic windowとしてもちいることができるため、成人に比して広範囲に頭蓋内の観察が可能である。今回筆者らはパワードップラーによる新生児頭蓋内主幹動脈とその分枝の描出能について検討したので報告する。

対象・方法

対象は、生後1ヵ月以内の新生児25例で、男児16例、女児9例。修正在胎週数は28～44週(中央値36週)。いずれもNICUにて加療中に、頭蓋内実質性病変を疑われて超音波検査が行われた症例である。

超音波断層装置は横河社製LOGIQ 500を使用。プローブは、初期の7例に対してはセクター型3.5MHzを、後期の18例に対してはセクター型5.5MHzを用いた。

全症例とも、経大泉門アプローチにてBモードで頭蓋内実質性病変の検索を行った後、パワーモードで頭蓋内血管の検索を行った。全検査内容をビデオに収録し、その画像を放射線科専門医の資格を持つ放射線科医2名が別々に評価した。2名の間で評価が一致しなかった場合は、経験年数の多い放射線科医が再度検討し評価を決定した。

検討項目は、頭蓋内主幹動脈である内頸動脈・前大脳動脈・中大脳動脈・脳底動脈・後大脳動脈、およびその分枝の描出能である。以上の各血管について、血管の描出が明らかであるものを描出可能とし、描出が不明瞭であったり、描出されていても血管の走行の同定が困難である場合を描出不可能とした。

結 果

1. 頭蓋内合併病変

Bモードによる頭蓋内検索にて、periventricular hyperechogenicity (以下PVE) I 度

を6例に、PVE II度を12例に、脳室上衣下出血を5例に、脳室内出血を6例に認めた。

また脳室内出血に起因すると思われる著明な水頭症を3例に認めた。periventricular leukomalacia (以下PVL) または脳内出血・梗塞の所見を認めた症例は含まれていない。

2. 頭蓋内血管の描出

冠状断像は25例全例で、矢状断像は前・中頭蓋窩が18例、後頭蓋窩が16例で得られた。

1) 内頸動脈の描出 (Fig.1a, b)

内頸動脈は海綿静脈洞部から前大脳動脈・中大脳動脈分岐部(C4～C1)までが、冠状断像で25例中25例、矢状断像で18例中18例と、ともに全例で描出された。海綿静脈洞部(C4～C3)の走行の把握は矢状断像の方が容易であった。頸動脈管部(C5)より中枢側が描出されたのは25例中4例、16%のみであった。

2) 前大脳動脈の描出 (Fig.2a, b)

冠状断像では起始部から脳梁膝周囲(A1～3)までが25例中25例の全例で描出された。しかし冠状断像では左右前大脳動脈の分離が困難で、25例中24例、96%の症例で1本の血管として描出された。前大脳動脈の全体の走行の観察には矢状断像がよく、起始部から脳梁幹周囲を走行する部分(A1～4)までの連続した血管像が18例中18例と全例で得られた。

3) 中大脳動脈 (Fig.3)

中大脳動脈の観察には冠状断像が有用であり、起始部から水平部(M1)は25例中25例と全例で描出された。島部(M2)は25例中20例、80%で描出された。弁蓋部から末梢(M3～M4)はシルビウス裂内を側方を走行する。大泉門が小さかった14症例では、同部が観察範囲の外にでてしまい観察できなかった。観察範囲内にシルビウス裂から外側の側頭葉・頭頂葉が十分含まれていた11例では全例で弁蓋部から末梢(M3～M4)の描出可能であった。

中大脳動脈からの穿通枝である外側線条体動脈の描出率は、25例中22例、88%であった。外側線条体動脈が全く描出されなかった3例は、いずれも検査時に脳室内出血による高度

の水頭症を合併していた。

22例では外側線条体動脈はいずれも複数本見られ、1側の大脳半球について2～4本で平均2.6本描出された。また、血管径は実際の血管径よりも太く描出された。

4) 脳底動脈・後大脳動脈 (Fig.4)

脳底動脈は冠状断像で25例中25例、矢状断

像では16例中16例と、ともに全例で描出可能であった。後大脳動脈は、冠状断像において起始部 (P1) が23例中23例全例で描出された。より末梢の観察には矢状断像が適しており、脳幹を回り皮質動脈を分岐する部分 (P2～P4) が16例中15例、93%で描出された。

視床穿通動脈は、矢状断像で16例中12例で

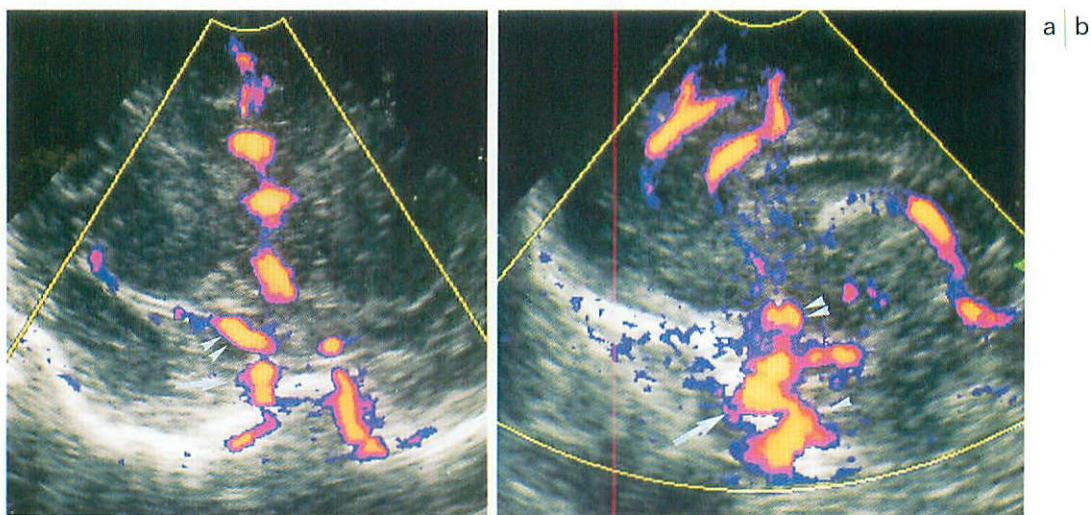


Fig. 1 a) Coronal view passing through the pituitary fossa b) Parasagittal view
Coronal and parasagittal views of PDUS show cavernous portion (Δ), anterior knee (↑) and cisternal portion (△△) of internal carotid artery.

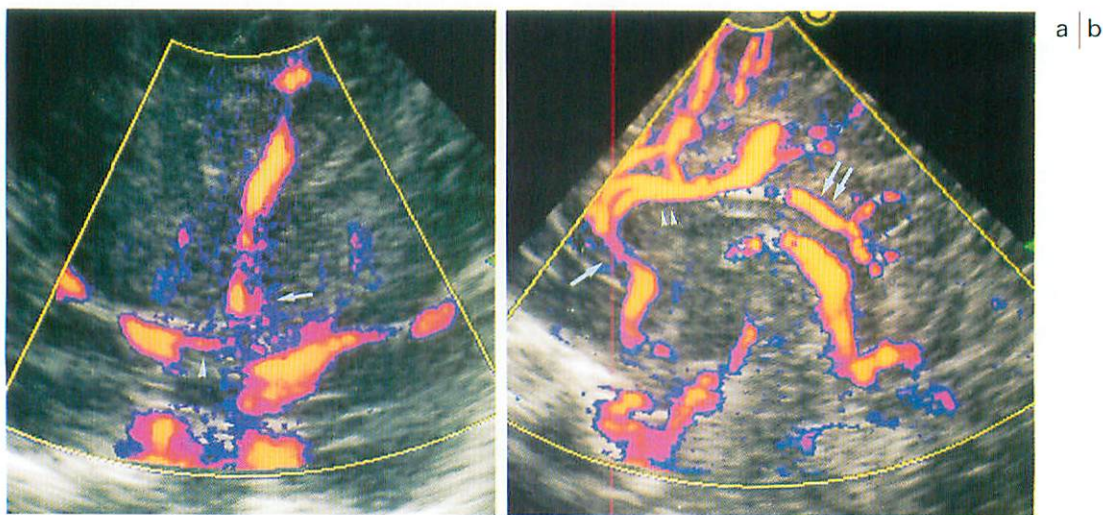


Fig. 2 a) Coronal view passing through the frontal lobe b) Midsagittal view
In this coronal view, PDUS shows A1(Δ) and A2 (↑) portion of ACA. Note the fused A2 portion of ACA. In the sagittal view, pericallosal artery and callosomarginal artery are also visualized. (△△=A3, ↑↑=A4)

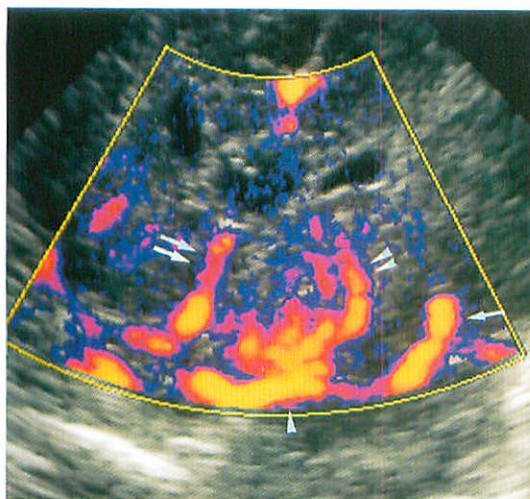


Fig.3 Coronal view passing through the frontal lobe

In this plane, PDUS shows horizontal segment(Δ) and insular segment ($\hat{u}$) of MCA. Also note the prominent lenticulo-striate arteries($\Delta\Delta$). (ACA= $\hat{u}\hat{u}$)

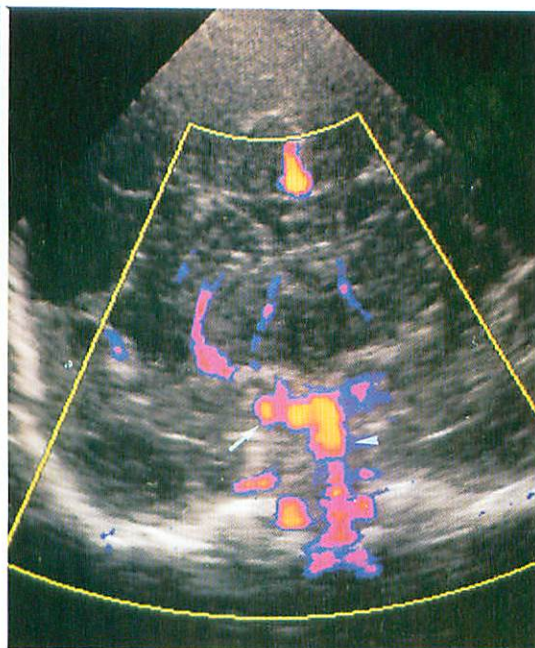


Fig.4 Coronal view passing through the temporal parietal lobe

PDUS shows basilar artery (Δ) and cisternal segment of PCA ($\hat{u}$) in this plane.

描出され描出率は75%であった。

考 察

近年CT, MRIを用いて血管像を得る方法が開発され、従来のカテーテルによる脳血管撮影法に比べて低侵襲性に脳血管像を得られるようになった。しかしいずれも、新生児においては、患児の検査室への移動や麻酔を要する点で侵襲が大きい。

超音波ドプラー法を用いての新生児血管描出では患児の移動や麻酔を要さず、プローブを大泉門にあてるだけでリアルタイムに脳血管を描出可能である。今回の検討例はいずれもNICUに入院している症例であったが、検査はクベース内で施行できた。また患児に大きな状態の変化を認めず安全に施行しえた。

従来より超音波による血流の描出法としてカラードプラー法があったが、超音波カラードプラー法では流れの方向によりカラー表示が変化するため、同一の血管でもプローブに近

づいてくる血流と遠ざかる血流は別々の色に表示されてしまう。また流れがプローブと垂直になる部分はカラー表示がされないという欠点があった。これに対し、パワードプラー法は動きのある赤血球の量自体を表示するため、流れの方向・角度への依存性が少なく、流れのある血管は同一のカラーで連続して表示される。蛇行した走行を示す脳血管像の把握にはパワードプラー法がカラードプラー法よりも適していると考えられる²⁾。

パワードプラー法にて、内頸動脈の海綿静脈洞部より末梢(C4~1)は冠状断、矢状断像ともに全例で描出された。しかし頸動脈管部(C5)の描出率は14%と著しく劣っていた。

これは頸動脈管部が骨内を走行するためと、頸動脈管部より中枢側は血管とプローブからの距離が大きくなるため、超音波の減衰が大きくなることによると考えられる。

深部の描出は周波数の低いプローブを用いることで可能となるが、同時に空間分解能が犠牲

となると報告されている⁵⁾。今回我々はセクター型3.5 MHz, 5.5MHzの2種類のプローブを使用した。内頸動脈がC5まで描出された4例はすべて3.5MHzのプローブを用いた症例であった。しかし3.5MHzのプローブを用いた超音波像では、血管の辺縁が不整となる印象があった。一方、5.5MHzを用いた場合はプローブに近い部位での血管像は明瞭であるが、深部の描出能は低下した。目的とする血管の深さによってプローブを選択する必要があると考える。

前大脳動脈は内頸動脈同様に冠状断、矢状断ともに描出は良好で、特に矢状断像は、脳梁に沿って走る前大脳動脈の走行が一断面内にとられられ全体像を把握しやすかった。冠状断像では左右の前大脳動脈の分離が困難であった。

MRIやCTは装置側でスライス厚を調節出来るが、エコーはスライス厚の調節は技術的に困難で焦点以外の部分のスライス厚は厚くなる。前大脳動脈の左右分離が冠状断像で困難であったのはスライスが厚いことによるpartial volum effect (部分容積効果)の影響と考えられる⁶⁾。

中大脳動脈描出については起始部から島部(M1~M2)では走行の連続性が追える冠状断像が有用であったが、弁蓋部から末梢(M3~M4)はシルビウス裂に沿って蛇行して走るため、冠状断、矢状断ともに血管の連続性が把握しにくかった。

Berger等はパワードップラー断層像をコンピュータ処理により、3D表示することで、CTやMRIによる血管像に匹敵する情報が得られると報告している^{7,8)}。当院でも97年5月から、複数の超音波断層像を再構成して3D表示を得るソフトが導入された。3Dによる検討を行った症例数はまだ多くはないが、特に中大脳動脈末梢の走行の把握には、3D表示が有用という印象をもっている。

脳底動脈または後大脳動脈の観察では、内大脳静脈、ガレン大静脈などの深部静脈が同じ断面内に入ってくる場合があった。パワードップ

ラー法では、カラードップラー法と異なり流れの方向の情報はない^{1,2)}。動脈と静脈の分離は血管走行で判定するか、症例によってはカラードップラー法に切り替えて判断することが必要である。

穿通枝動脈は、外側線条体動脈が冠状断像で88%において描出され、いずれも複数本認めていた。また視床穿通動脈は75%において描出された。しかし、外側線条体動脈及び視床穿通動脈はいずれも血管が実際よりも太く描出された。

血管径が太く描出される傾向は内頸動脈を含め全ての血管に認められたが、特に末梢の小血管で著しかった。これは、“はみ出し現象”によるものと言われるもので、装置の感度、音線密度、表示ピクセルの粗さ、血管の位置によって変化する。パワードップラー法は血管径の評価に関しては信頼性に欠けると考えられる⁹⁾。

外側線条体動脈が描出されなかった症例は3例であり、いずれも低酸素脳症後の脳室内出血によると思われる高度の水頭症が見られた症例であった。パワードップラー法にて、外側線条体動脈が欠損してみられることは、強い頭蓋内圧亢進を示している可能性があると考えられる⁹⁾。

パワードップラー法による脳血管の描出では装置側の要因の他に、患児側の要因として大泉門の大きさがある。骨重合などで大泉門が小さいと、観察範囲が限られてしまう。今回の検査は全て経大泉門でおこなったが、大泉門が小さい場合には経側頭骨・経小泉門のアプローチを試みることで、描出能の向上が期待される。

今回の報告の問題点として、対象がいずれも未熟児または生下時になんらかのリスクファクターがあった症例であることが挙げられる。

胎児の脳血管は胎生4ヵ月ごろに主要分枝の形成がみられ、その後は脳溝の発達に伴って彎曲していくとされている¹⁰⁾。今回の対象は在胎週数28週~44週であり、検査時には対象症例の主要分枝は形成されていたと考えられる。しかし、その走行は成熟児と違いがあり、血管の彎

曲の少ない症例が含まれていたと考えられる。

また、今回の対象にはPVE、脳室上衣下出血または脳室内出血を伴う症例を含んでいる。しかし、超音波B-モードスキャンによる検索にて、対象症例にはPVLや、脳実質内の出血、梗塞は認めなかった。対象において頭蓋内動脈の主要分枝レベルでの閉塞性病変は存在しなかったものと考えられる。

以上より我々は、今回の結果は即ち正常成熟児におけるパワードップラー法の血管描出能とはいえないが、それを反映するものと考えている。

超音波パワードップラー法により、新生児脳血管脳血管の主幹動脈とその主要分枝の描出が可能である。

現地点では、超音波パワードップラー法は、CT、MRI、DSAなどのモダリティーに比較すると、末梢血管の描出能や、“血管造影像を得る”という点において劣るが、侵襲が少なく、簡便に繰り返し施行可能であること、ベッドサイドでリアルタイムに画像を得られることは超音波検査ならではの利点である。

超音波パワードップラー法は、arteriovenous malformation（以下AVM）などの血管奇形、血管閉塞性病変などの新生児頭蓋内血管病変のスクリーニング検査として適応可能と考えられる。3D表示もふくめて検討を重ねていく方針である。

また、現在は正常な脈絡叢の血流・脳室周囲白質の血流は描出困難であるが、今後装置自体の感度の向上、現在成人例にて治験が進められている静注の超音波造影剤の応用等によりこれら末梢血流が検出可能となれば、新生児に多い脳室内出血、脳室周囲白質軟化症の診断にもパワードップラー法の応用範囲は広がると期待している。

結 語

1. 超音波パワードップラー法にてベッドサイドで非侵襲的かつ簡便に脳血管像を得られる。
2. 新生児においては脳血管の主幹動脈・主要分枝の描出が可能である。より末梢の血管描出能の向上が望まれる。

●文献

- 1) Rubin JM, Bude RO, Carson PL, et al : Power Doppler US : a potentially useful alternative to mean frequency-based color Doppler US. Radiology 1994 ; 190 : 853-856.
- 2) 東泉隆夫 : カラー Doppler の新技術. 臨床画像 1995 ; 11 : 10-16.
- 3) Kenton AR, Martin PJ, Evans DH : Power Doppler : an advance over colour Doppler for transcranial imaging? Ultrasound in Medicine & Biology. 1996 ; 22 : 313-317.
- 4) 林 隆, 市山高志, 金子淳子他 : 新生児頭部超音波検査におけるパワードブラ法の有用性の検討. Neurosonology. 1997 ; 10 suppl. : 64.
- 5) 内藤久美子, 伊藤勝陽 : 装置の調整における注意点-カラー Doppler 法も含めて-. 画像診断 1996 ; 16 : 596-603.
- 6) 東泉隆夫 : 超音波カラー Doppler の基礎. 北村次男 編著 : カラー Doppler を活用した腹部超音波診断, 1-24, 1995, 診断と治療社, 東京
- 7) 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.
- 8) 地挽隆夫 : 超音波画像の高速3D表示. 映像情報MEDICAL 1997 ; 29 : 573-576.
- 9) Wang HS, Kuo MF, Chang TC : Sonographic lenticulostriate vasculopathy in infants : some associations and a hypothesis. AJNR 1995 ; 16 : 97-102.
- 10) 奥寺利男, 中村康寛, Peng Y : 脳血管の発達脳表面. 竹下研三編 : 小児の頭部画像診断, 21-40, 南江堂, 東京 1993.