

07.

脳神経

年表（脳神経）

1950年	H.T. Ballntineら：透過法による頭蓋内描写（Ultrasonic Venriculography）を実施 J.J.Wildら：パルス超音波による反射法によって脳腫瘍（脳標本）エコーの検出に成功
1952年	菊池喜充ら：超音波による頭蓋内疾患検出について報告 岡益尚ら：超音波による治療応用の成績を発表（わが国初の超音波による治療効果の論文）
1953年	田中憲二ら：超音波による脳の直接探傷を行う 田中憲二ら：チタン酸バリウム振動子による頭蓋骨を透しての脳内疾患エコーの検出に世界で初めて成功
1955年	L. Leksell：Aモード法による Midline Echo の検出
1956年	L. Leksell：Echo-encephalography Pulsatile
1957年	岡益尚ら：強力集束超音波による定位脳手術に成功（超音波を脳の手術に応用した世界初の試み）
1963年	M. de Vleigerら：脳の断層像を描出
1964年	竹内久彌ら：一点接触型セクタ走査による胎児の頭蓋像描出に成功
1978年	吉村ら：頸動脈血流量の非侵襲的定量計測
1981年	日本脳・神経超音波研究会設立（1996年に日本脳神経超音波研究会に、1997年に日本脳神経超音波学会に変更）
1982年	Aaslidら：経頭蓋超音波ドプラ法（TCD）の開発
1988年	古幡博ら：頭蓋内血管のカラーフローイメージ（TC-CFI）を開発
1989年	土屋隆ら：TC-CFIによる頭蓋内血管の描出と血流速度測定

07.

脳神経

頭蓋内疾患の超音波検査と治療

塩貝 敏之

(恵心会京都武田病院脳神経科学診療科)

現在までの歴史

頭蓋内疾患診断のための超音波の応用は、1942年Dussikらの透過法 (transmission method) が最初とされている。これによる画像は、Hyperphonographieと呼ばれ、脳室の輪郭や神経膠腫の超音波透過像が報告されている。その後1950年にはBallantineが、脳室の描写の追試に成功し、ultrasonic ventriculographyと名付けた。この頃から、周波数1.2-1.5MHzの超音波を用いることで、経頭蓋的な検査が可能になることが知られていた。その後1950年には、FrenchとWildらにより15MHzの高周波数を用いた超音波反射法 (reflection method) により、脳神経外科術中に脳腫瘍の超音波診断が試みられている。本邦では1951年に、菊池と田中らにより、超音波パルス法—Aスコープ方式を用いて、頭皮上より高血圧性脳出血や脳腫瘍などの頭蓋内疾患診断の研究が行われ始めていた。この頃Leksellは、1955/1956年にAスコープ方式を用いたEchoencephalographyにより、正中線エコー (Midline echo) が、松果体からの反射波であるとの見解を示し、その後の頭蓋内占拠性病変診断の先駆けとなった。後に正中線エコーは、田中らにより第3脳室由来であることが示されている。

超音波断層法に関しては、1956年に菊池らにより水浸走査方式を用いたB-scopeによる脳神経外科的応用が報告され、1963年にはde VliogerによるTwo-dimensional echoencephalographyの臨床応用例が報告された。

一方、里村と金子らによる5MHzのDoppler血流計は、1958年に頸部動脈に対して臨床応用さ

れ、その後多くの研究が行われたが、詳細は別項に譲る。

超音波治療に関しては、1954年にLindstromによるprefrontal lobotomy、さらにFryらにより導入された集束超音波による脳の定位的手術は、本邦でも岡らにより先鞭をつけられ、Neurosonic surgeryと呼ばれた。

日本脳・神経超音波研究会 (Japan Academy of Neurosonology, JAN) は、1981年に板原、金谷、金子、堤、益沢、水上、吉村らにより設立され、翌1982年に第1回の研究会が行われた。その後1988年から機関紙Neurosonologyが発刊されるようになり、現在日本脳神経超音波学会へと発展している。

その1982年には、経頭蓋超音波診断上、epoch makingとなるAaslidらによる経頭蓋超音波Doppler法 (transcranial Doppler ultrasound, TCD) が報告された。これは、Osloの脳神経外科医であるNornesとの電磁血流計とDoppler法による脳血流動態研究が基礎となっており、BernのHuber、SeattleのSpencerらとのdiscussionの末、Eden社のTC2-64という2MHzの探触子によるTCD血流計を用いて脳底部の主幹動脈の血流速波形 (Doppler Sonogram) を解析したものである。TCDは、その後全世界で用いられるようになり、多くの研究が現在でも続いている。その初期の知見に関して、Aaslidが編集した“Transcranial Doppler Sonography”という名著が1986年にSpringerから出版されており、これは現在でも学ぶところは少なくない。また脳神経外科的な臨床応用に関しては、同年Hardersにより出版された“Neurosurgical Application of Transcranial Doppler

Sonography”に詳述されている。JANでも、1996年に「経頭蓋超音波診断 TCD マニュアル」を編集して出版した。

一方、超音波断層法による B-mode 画像上に、Doppler 法による血管画像をカラーで描出する color duplex sonography (CDS) の頭蓋内診断への応用は、古幡により 1987年に初めて臨床応用され現在に至っている。

現状

現在、前述の TCD と経頭蓋 CDS (TCDS) が、経頭蓋的または術中に直接用いられている。また Normes が臨床導入したより小型で、探触子の周波数が高い microvascular Doppler 血流計が、動脈瘤などの術中に用いられている。さらに超音波メスは、脳神経外科手術に広く用いられている。さらに TCD と TCDS の頭蓋内疾患への臨床応用は、広範囲に及んでおり、虚血性・出血性脳血管障害、頭部外傷、脳腫瘍などの診断に加え、脳機能モニターとして脳血管反応性、頭蓋内圧の評価や脳死判定への応用も良く知られている。

1990年 Spencer らにより頸動脈内膜剥離術 (CEA) 中の TCD モニタリングにて、Chirp 音と呼ばれる特有の音と同時に、Doppler 血流速波形中に出現する一過性の高輝度信号 (high intensity transient signal, HITS) は、微小栓子シグナル (microembolic signal, MES) とも呼ばれ、血流中に流れる血栓や空気などのガスに起因することが明らかとなった。その後、頸動脈や大動脈の狭窄性病変や心臓の弁置換術などと脳梗塞の塞栓源としての関係が明らかとなっている。さらに、CEA、人工心肺中、ステントなどの血管内治療のモニタリングとしても重視されている。

通常 TCD や TCDS にて頭蓋内の検査を行うためには、頭蓋骨による超音波減衰を避けるため、頭蓋骨の薄い側頭部や骨が欠損している大後頭孔や眼窩などを経由して行われる。それでも超音波減衰や散乱が高度の場合には、頭蓋内を検索できないことが少なくない。その意味から、超音波造影剤 (UCA) が臨床導入され用いられてきた。

さらには、UCA である微小気泡により脳組織灌流動態が評価できることが判明し、臨床応用されている。また超音波による血栓溶解を促進作用、遺伝子導入や drug delivery system (DDS) などの治療的な意義も知られるようになっていく。

今後の展望

TCD も TCDS も、脳神経外科術中・後の骨欠損例や小児の泉門開存例を除き、頭蓋骨を経由して検査 (・治療) が行われるため、頭部のどこからでも行えるわけではなく、検査不能例も大きな問題である。その意味から、第 2 世代 UCA の神経領域の認可だけでなく、全く別の UCA などの導入や超音波機器の開発、更には新しい breakthrough も必要と思われる。注目されている頭蓋内疾患に対する超音波治療に関しては、超音波血栓溶解、遺伝子導入、DDS、集束超音波などがあるが、どれもまだ未確立であり、今後の更なる発展が必須であろう。

文献

- 1) 田中憲二. 脳の超音波診断. 東京, 診断と治療社, 1968.
- 2) 岡益尚. 神経超音波, 遊学. Neurosonology 1988;1:11-20.
- 3) 金谷春之, 高倉公明 (監). 日本脳神経超音波研究会機関紙編集委員会 (編). 経頭蓋超音波診断 TCD マニュアル. 東京, 中外医学社, 1996.
- 4) 金子仁郎, 白石純三 (編). 超音波血流検査法 - 開発の歴史と脳循環測定. 永井書店 (協力), 1987.
- 5) Aaslid R (ed). Transcranial Doppler Sonography. Wien, Springer-Verlag, 1986.
- 6) Harders A. Neurosurgical Application of Transcranial Doppler Sonography. Wien, Springer-Verlag, 1986.
- 7) Furuhashi H. Historical development of transcranial color-coded tomography. In: Bogdahn U, Becker G, Schlachetzki (Eds). Echoenhancers and transcranial color duplex sonography. Berlin, Blackwell Science; 1998. p. 3-16.
- 8) 日本脳神経超音波学会機関紙 Neurosonology 編集委員会 (編). 脳神経超音波マニュアル. 鳥根, 報光社, 2006.

07.

脳神経

歴史と今後の展望：経大泉門

市橋 光

(自治医科大学附属さいたま医療センター小児科)

新生児や乳児の頭蓋骨は薄く、また大泉門が開いているので、容易に経頭蓋的に鮮明な脳エコー画像を得ることができる。そのため、成人の経頭蓋エコーと異なり、他の部位の臓器と遜色なくエコー検査が実施されてきた。

歴史

超音波診断装置の発展と共に、脳エコー検査も進歩してきたと言える。

脳神経超音波の歴史は、1956年にLeksellがA-mode法を用いて脳の正中線の位置を把握することができるという有用性を述べたことに始まる¹⁾。これにより正中線変位をきたす頭蓋内腫瘍、脳室拡大、髄外漏出液の貯留、先天奇形などの頭蓋内病変の診断が試みられたが信頼性が低いため、1970年代初期には用いられなくなった。

B-mode法（超音波断層法）は1950年代後半から発達し、脳エコーでは1963年にVleigerらにより臨床応用例が報告された²⁾。しかし、成人の厚い頭蓋骨はこの方法を使用するうえでの制限となり、さらに同時期のCTの発達により、脳エコー法への関心は薄れていった。

一方、大泉門が開いている乳児の脳エコー検査は継続して行われ、リアルタイム（実時間）装置の開発が超音波検査法の臨床応用を広げた。1980年代に入り、大泉門をacoustic windowとすることにより頭蓋骨による減衰を避ける方法が行われ^{3,4)}、正常脳や水頭症、脳奇形、脳腫瘍の診断がおこなわれるようになった。谷野は基準断層

面を設定し、検査の客観性を担保した⁵⁾。未熟児における脳室周囲白質軟化症は、脳性麻痺の原因の第一位である重要な疾患であるが、その診断には現在でも脳エコーが最も貢献している⁶⁾。また、小さな出血や嚢胞などはCTやその後に登場するMRIよりも明瞭に描出可能である。しかも、ベッドサイドで繰り返し検査することができ、鎮静を必要としないことは新生児・乳児に大きなメリットである。未熟児はクベース内で保温した状態で検査できる。

Doppler法が開発されると、脳血流の評価ができるようになった。低酸素、脳出血、動脈管開存による脳血流の変化が明らかになり、これらの疾患の診断、治療において重要な検査となっている。

今後の展望

3Dエコーにより、複雑な奇形の立体構造の理解、脳室など対象物の容積計測、冠状断面や矢状断面だけでなく今まで経大泉門アプローチでは見ることのできなかつた水平断面のような画像の描出、対象物の三次元的位置の把握が可能になった。

超音波検査による組織学的検索の試みは以前からヒストグラム、Backscatterの計測などが行われてきた。脳は侵襲的に組織を取ることができないため、ある程度の組織学的な検索を画像で行う必要がある。RF信号の解析により組織性状を把握しようとする試みもなされている。

今後は、上述した3Dエコー、組織性状診断のさらなる進歩の他、造影剤を用いた超音波診断の

脳領域への応用なども考えられる。器機や方法の進歩に伴い、脳エコー法も確実に発展していくであろう。

文献

- 1) Leksell L. Echoencephalography: detection of the intracranial complications following head injury. *Acta Chir Scand* 1956;110:301-15.
- 2) Vleiger M de, Sterke A, De Molin CE, et al. Ultrasound for two-dimensional echoencephalography. *Ultrasonics* 1963;1:148-51.
- 3) Dewbury KC, Aluwihare APR. The anterior fontanelle as an ultrasound window for the study of the brain: a preliminary report. *Br J Radiol* 1980;53:81-4.
- 4) Ben-Ora A, Eddy L, Hatch G, et al. The anterior fontanelle as an acoustic window to the neonatal ventricular system. *J Clin Ultrasound* 1980;8:65-7.
- 5) 谷野定之, 中島祐司, 伊東紘一, ほか. 脳の超音波断層法. *超音波医学* 1983;10:307-13.
- 6) Pidcock FS, Graziani LJ, Stanley C, et al. Neurosonographic features of periventricular echodensities associated with cerebral palsy in preterm infants. *J Pediatr* 1990;116:417-22.