会長講演

脳神経超音波 温故知新

島 健

中国労災病院 脳神経外科

Neurosonology: A Vision of the Future by Taking Lessons from the Past

Takeshi SHIMA

Department of Neurosurgery, Chugoku Rosai Hospital

I review the history of my neurosonological work and my personal communication with many members of JAN.

My first project was to apply a miniature Doppler probe to a cerebral aneurysm to investigate intra-aneurysmal hemodynamics, and the data were published in 1974. Power spectrum analysis showed three peaks of wave frequency in the aneurysmal turbulence. Even today, the intraoperative Doppler flow method is very useful in the surgical treatment of aneurysms and AVMs, facilitating correct clipping of the aneurysm neck and total excision of AVM.

Secondly, the transcranial Doppler (TCD) method was used for evaluating the severity of vasospasm (VS) in patients with ruptured aneurysm. TCD findings indicated a clear relationship between increasing blood flow velocity and development of VS, and allowed prediction of VS before the appearance of ischemic neurological symptoms.

Thirdly, B-mode ultrasonography was applied to patients with carotid occlusive disease. The correlation between B-mode Doppler and angiographical data was good. Overall accuracy was about 90%, permitting the identification of several characteristics of plaque before carotid endarterectomy.

Finally, I give my opinion on the history and future of neurosonology with reference to the papers presented at previous meetings of NRGW in Taipei in 1999, and in Lisbon in 2001.

Key words : history, future, TCD, carotid artery, B-mode ultrasound

本日は、私共が二十数年来、神経超音波検査の臨床応用を行ってきた経験を供覧するとともに、今まで本学会で大変お世話になった先生方の懐かしいスライドを見ながらふりかえってみたいと思います。

(1) まず、最初に私は脳神経外科医でありますので、脳血管障害、特に脳動脈瘤及び脳動静脈奇形の手術中に、超音波ドップラーが補助手段として有用であると考えましたので、その応用を試みました^{5, 8, 9)}。

スライドは初期に用いた改良型ペンシル型のプローブで、手術中に動脈瘤の body, neck から超音波唸音を録音し、その周波数分析を行いました。このようなソノグラムによって、周波数分析を行いますと、脳動脈瘤の乱流が唸音として3相性で示されることが判明しました。動脈瘤内の血行動態をこのドップラー唸音の分析で検討したわけです。現在でも手術の実際において、プローブを動脈瘤の clipping 前後において動脈瘤の本体に apply し、complete clipping になっているかどうか、親動脈の kink の有無、穿通枝動脈の patency を知る上で、必須の補助診断法として用いてい

ます。

また、脳動静脈奇形においては、feeder, nidus, drainer 各々から唸音を採取し、周波数分析を試みました。手術の進行とともに、nidus の唸音も微妙に変化し、AVM 全摘出術において術中の超音波応用が大変有用であることが判明しました。特に脳実質内に埋まっている動静脈奇形では、術中に脳表よりプローブを当てることにより、nidus の存在位置、摘出する範囲の同程、ならびに残存 nidus の存在の探知に威力を発揮します。

(2) 続いて西ドイツ社製 EME 社より導入された TCD を用いての破裂脳動脈瘤術後に発生する脳血管攣縮の早期探知と、術後の経過観察における TCD の有用性について検討を行いました^{7, 10, 12, 14)}。

私達の検索においては脳血管攣縮発生早期より、TCD によって中大脳動脈 M1 部における血流速度が早くなり、この flow velocity の上昇度と血管攣縮の発生による神経症状出現との関係において良い相関が得られるとともに、この TCD を検査ベッドサイドで行うことにより、早期より

Reprint request

島 健 : 〒737-0193 呉市広多賀谷 1-5-1 中国労災病院 脳神経外科

Takeshi SHIMA : Department of Neurosurgery, Chugoku Rosai Hospital 1-5-1, Hirotagaya, Kure city, 737-0193, Japan

Fig. 1 With my best friend, Dr Laszlo Chiba, in Taipei.

血管攣縮に対する治療が開始出来ます。この M1 部における flow velocity と定量的脳血流 (rCBF) との間にも良い相関が認められました。

即ち、M1 部の velocity が 3 倍以上上昇した症例においては、脳血流も著明に低下していました。私達はこのような脳血管攣縮の発生と r-CBF ならびに IV-DSA 上での circulation time, 神経症状出現との関連を検討し、各々の有用性について発表しています。

(3) 3 番目としまして、私共は早くより、高度頸動脈狭窄例に対し、頸動脈血栓内膜剥離術 (CEA) の手術を行ってまいりましたが、この手術に際し、術前に超音波検査、B モードを行うことによって頸動脈血栓の plaque の性状を詳細に知り得ることが判明しました^{2, 3, 4, 6)}。術前のこの B モードによる血栓の性状を知ることにより、特に低輝度を示す血栓においては artery to artery のエンボリーの危険性が高いために、手術の適応であること、塞栓遊離予防のため、手術中における内膜剥離の操作をより慎重にする必要があることがわかりました。また、CEA 術後における内膜の修復の過程を本法によって詳細に知ることにも出来ました。

(4) また、この頸動脈血栓内膜剥離術における critical で high grade stenosis 例に発生する hyperperfusion syndrome は、時として術後に脳出血等の重篤な合併症を引き起こします、この本手術最大の complication を予防する意味で、この hyperperfusion の探知と予防が重要です。

私共はこの点を TCD の有用性に着目し、研究を行ってまいりました^{1, 11, 15)}。即ち CEA 術直後よりベッドサイドで TCD 検査を行うことにより、CEA 術後 3 日間は少なからず手術側の血流が増加すること、2 倍以上の著明な増加が認められる場合 (hyperperfusion) にはこの期間を血圧のコントロールと、バルビツレート療法を行うことによって hyperperfusion を予防することが可能であることがわかり、合併症の予防に努めてきました。

また、最近では頸動脈の潰瘍から頭蓋内に飛来する塞栓子シグナル (MES, HITS) の問題が大きくクローズアッ

Fig. 2 Photograph taken with Dr. Ryu, former president of NRGW, and Dr. Matsumoto, the next president of JAN.

プされてきています。私共、術前の B-mode 所見による血栓、潰瘍の性状と、術中 TCD によるこの MES の数に注目し、その関係をみてみますと、術前に血栓内に出血が認められた例、また深い潰瘍がある例においては、手術中においても MES の数が多くカウントされるということがわかりました。このことは、このような症例においては、手術において、より meticulous な頸動脈の剥離が必要であることを示します。このように頸動脈の狭窄度による重症度、血流量、ならびに血栓の性状等によって low risk group, high risk group に分けて現在検討しています。以上、TCD 検査は hyper-perfusion の予知、エンボリーの予防、等、本手術の合併症の減少に役立つということが判明しました。

以上述べましたような、私共の神経超音波に関するスタディは、当科へ留学していたハンガリーのドクターとの共同研究であります。今まで 4 人のドクターが留学してくれ、神経超音波の研究に大変貢献していただきました。現在も交流を行っています。

このスライドは、今回講演に来てくれた私の永年の友人である、ラスロー・チバ先生との台湾の学会でのスナップ写真であります (Fig. 1)。

続いては高知での本学会での写真で、RYU 先生も来られました (Fig. 2)。

このスライドは若き日の、このたび新しく本学会の理事長になられました山口先生と私の学会での写真です (Fig. 3)。

続いて本学会での若き日の脳神経外科のピックボスとの写真です (Fig. 4)。

この写真は昨年、榊先生会長のもとで行われた奈良での懇親会の時のスナップ写真であります (Fig. 5)。その他、多くの懐かしい写真がありますが省略させていただきます。

このように、本学会におきまして超音波を勉強させていただくと共に、多くの諸先輩、すばらしい同僚に恵まれて大変幸せであったと思っています。この場を借りて、改めて御礼申し上げます。

Fig. 3 Dr. Yamaguchi, the new president of JAN, in younger age.

Fig. 4 With leading Japanese neurosurgeons.

Fig. 5 With Dr. Kanaya, former president of JAN, in Nara.

さて最後になりますが、私、最近の世界神経超音波学会 (NRGW) に2回、1999年Taipeiと2001年のリスボンの学会に参加するチャンスに恵まれました。2学会の発表論文を分野ごとに分類することにより、最近の研究の傾向を分析しました^{16, 17)}。

1999年は本会にお呼びしておりますRYU先生の会長のもとに、台北で行われました。この学会で発表されましたペーパーをこのスライドの様に分野ごとに示しました (Fig.6)。

The ratio of presentations in Taipei, 1999

Neurosonology Research Group of the World Federation of Neurology
8th Meeting

Fig. 6 The ratio of presentations at the 1999 NRGW in Taipei.

The ratio of presentations in Lisbon, 2001

Neurosonology Research Group of the World Federation of Neurology
9th Meeting

Fig. 7 The ratio of presentations at the 2001 NRGW in Lisbon.

診断に関するものが76%、モニタリングが15%、治療が6%、主として術中の navigation としての応用についての論文が3%の比率でみられ、検査部位、方法論としては、頭蓋外動脈の検索に関するもの (B-mode Doppler) 21%、TCCFI による頭蓋内の検索 24%、TCD による MES、FV の study が各々 15%、25% に認められ、小児に関する発表が15%でした。

一方、2001年にリスボンで行われた本学会の発表論文の傾向 (Fig.7) は、検査部位では頸部 (B-mode Doppler) 22%、頭蓋内 (TCCFI) 20%、TCD (FV) 26%と、ほぼ同じ比率を示していますが、術中の navigation が12%、治療に関する発表が9%と増加傾向がみられます。古幡先生等が積極的に取り組んでおられる治療への応用は、今後益々重要になってくるものと思われます。

最後に衆知のことですが、復習を兼ねて、神経超音波の有用性と今後の動向について、多少重複しますが私見も含めて述べさせていただきます。

まず一番目としては当然、診断的価値として、頸動脈、椎骨動脈、等、頭蓋外の血管に対する超音波検査、さらに頭蓋内のイメージング (TCCFI) があげられます。またドップラーを用いることよっての脳血行動態の評価、脳血管

History and future of Neurosonology (1)

Fig. 8 History and future of neurosonology 1.

History and future of Neurosonology (2)

Fig. 9 History and future of neurosonology 2.

反応性の観察、同時に塞栓検出に関しての有用性であります。また、骨の影響が少ない merit のため、乳幼児への応用です。

2 番目の有用性としては、他の検査法と比べまして簡便に、且つ持続してモニタリングができるということであり、即ち、術中モニタリングとして、CEA、ステンティング時の TCD による HITS の観察、前述しました開頭後の病変部の同定、微小プローブによる血流測定ができることです。また、術後の経過をベッドサイドで容易にモニタリングできること、また急性期における脳虚血発作のモニタリングにおいても使用出来ます。MCA 狭窄例における血管内治療時の TCD による血流再開の確認等にも必須の補助手段となっています。また、最近脚光を浴びている、脳梗塞超急性期の超音波検査の有用性です。いかに早く病変部を同定するか、また治療法の選択においても今後益々威力を発揮するものと考えられます。

また、3 番目としては、ナビゲーションとしての有用性であります¹³⁾。現在、脳神経外科の脳腫瘍とか脳静脈奇形の手術において、その場所、方向性を探知するということでは極めて重要かつ簡便な補助診断法です。脊髄腫瘍においても同様です。

さらに 4 番目としては、前に述べました急性期の脳血栓溶解療法が注目を浴びています。この治療法における超音波の応用が実用化されつつあり、非常に脚光を浴びています。さらに、術中の手術の機器としての超音波 CUSA、脳内血腫における血腫除去への Aspirator 使用はルーチン化しています。

繰り返しますが、本法における利点としましては、1. 他の検査法に比べ非侵襲的であること。2. 非常に簡便かつ簡単に繰り返し検査ができること。3. Cost effectiveness, お金がかからないという経済性が挙げられます。

一方、本法の限界としましては、1. 検者間で差があること。2. 各機種による画像の違いと再現性、定量性に乏しいこと。3. TCD においてもそうですが、頭蓋骨がある

ために、ケースによっては、本検査が難しい、画像が得られにくい例があるということです。

最後になりますが、これからの neurosonology について私なりにまとめたのがこのスライドです (Fig.8, 9)。A-mode B-mode からパワードップラーを含めたカラー Doppler へと発展し、同時に検査における超音波造影剤が開発され、現在、より詳細な画像が得られるようになりました。検査機器の発達も目ざましく、Sono CT, B-flow 等の開発で生体と同じような微細な病変の描出、定量性についても可能となってきました。従って、診断の guide line の作成が急務となり、今回半田先生に我国の guide line を発表していただきました。検者間での相違を出来るだけ少なくする目的からも、hands on をはじめとする教育 system の確立、普及が益々重要となっており、standardization へと向かうべきと思われます。

次に TCD に関してですが、Doppler からハイテクノロジーとして進歩し、栓子の検出 (HITS) はさらに standard criteria として確立され、auto-detect ソフトウェアの開発と相まって、教育システムの一本化も重要と思われます。また、血行動態の評価も造影剤の進化とともに、よりきめ細かくなると考えられます。

以上、駆け足で私共が過去二十数年來取り組んできた超音波の臨床研究について述べさせてもらい、学会を通じまして、諸先輩の先生方にいろいろと教えを乞うた、なつかしい写真を紹介しました。最後に、過去 2 回の世界神経超音波学会で発表された論文の分析を行うことによって、将来の問題点、解決されるべきことがらについて、私見をまじえて述べさせていただきました。

ご清聴、感謝申し上げます。

文 献

- 1) 平松和嗣久, 島 健, 豊田章宏, 西田正博, 山根冠児, 山中千恵, 畠山尚志, 石野真輔, 辻上周治, 横田晃: 頸動脈内膜切除術前後の栓子シグナルの検討. Neurosonology 14: 20-24, 2001

- 2) Kagawa R, Moritake K, Shima T, Okada Y: Validity of B-mode ultrasonographic findings in patients undergoing carotid endarterectomy in comparison with angiographic and clinicopathologic features. *Stroke* 27: 700-705, 1996
- 3) Kagawa R, Okada Y, Shima T, Nishida M, Yamane K, Moritake K: B-mode ultrasonographic investigations of morphological changes in endarterectomized carotid artery. *Surg Neurol* 55: 50-57, 2001
- 4) 松村茂次郎, 島 健, 岡田芳和, 西田正博, 山田 徹, 沖田進司, 加川玲子, 横山 登, Chiba L: 頸部頸動脈に対する B-mode ドップラーの使用経験 脳卒中の外科 16: 384-389, 1988
- 5) 宮崎正毅, 石原博文, 木矢克造, 安東誠一, 島 健, 岡田芳和, 横山 登, 石川 進, 魚住 徹: 超音波ドップラー法による内頸動脈, 中大脳動脈の閉塞および狭窄に関する検討, 虚血性脳血管障害の外科, 東京: にゅーろん社, 1979, pp59-64
- 6) Okada Y, Shima T, Nishida M, Yamada T, Yamane K, Matsumura S, Kagawa R. 1000 consecutive carotid imagings by real-time B-mode Doppler scanning in cerebrovascular disease, in Oka M, Von Reutern, et al (eds): Recent advances in Neurosonology Amsterdam: Excerpta Medica, 1992, pp435-439
- 7) Okada Y, Shima T, Nishida M, Yamane K, Hatayama T, Yamanaka C: Comparison of transcranial Doppler investigation of aneurysmal vasospasm with digital subtraction angiographic and clinical findings. *Neurosurgery* 45: 443-450, 1999
- 8) 島 健: 脳血管障害の血行動態に対する検討—超音波ドップラー法の頭蓋内への応用—. 第 35 回 日本脳神経外科学会総会, 1976
- 超音波ドップラー法による動脈瘤, 動静脈奇形の血行動態に関する検討. 第 36 回 日本脳神経外科学会総会, 1977
- 9) 島 健, 岡田芳和: 電磁血流計および超音波ドップラー法による術中血流測定. *Neurosurgeons* 4: 191-200, 1985
- 10) 島 健, 吉田 哲: 脳循環と vasospasm, 脳血管攣縮 5, 東京: 中外医学社, 1990, pp34-41
- 11) 豊田章宏, 島 健, 平松和嗣久, 吉田 哲, 西田正博, 山根冠児, 畠山尚志, 山中千恵, 石野真輔, 辻上周治, 山本修三: 頸動脈血栓内膜摘除術後 Hyperperfusion の予測. *Neurosonology* 13: 111-116, 2000
- 12) 山田 徹, 島 健, 岡田芳和, 西田正博, 山根冠児, 沖田進司, 吉田 哲: 脳血管攣縮の診断における Transcranial Doppler と single photon ECT の有用性の検討 脳卒中の外科 17: 308-312, 1989
- 13) 山根冠児, 島 健, 西田正博, 畠山尚志, 三原千恵, 石野真輔, 豊田章宏, 平松和嗣久: 超音波による脳神経外科手術支援, *Neurosonology* 投稿中
- 14) 吉田 哲, 島 健, 岡田芳和: Transcranial Doppler による脳血管攣縮の診断: 脳血管写, 脳循環時間, 脳血流量との比較検討. *Neurosonology* 7: 99-103, 1994
- 15) 吉田 哲, 島 健, 岡田芳和, 西田正博, 山根冠児, Zoltan K: 頸動脈血栓内膜摘除術術後の脳循環動態 *Neurosonology* 11: 73-78, 1998
- 16) Abstract of 8th Meeting of the Neurosonology Resesarch Group of the World Federation of Neurology Novemver 2-6, 1999, Taiwan *Acta Nurologica Taiwanica* 8, 1999
- 17) Abstract of 9th Meeting of the Neurosonology Research Group of the World Federation of Neurology, Lisbon: May 13-15, Cerebrovascular Diseases Karger, 2001