超音波検査を用いた頸動脈病変の的確な診断

長 束 一 行

Accurate Diagnosis of Carotid Artery Stenosis : Ultrasound

by

Kazuyuki Nagatsuka, M.D.

from

Cerebrovascular Division, Department of Medicine, National Cardiovascular Center

The advantages of carotid sonography are its capabilities to obtain morphological information such as stenosis or ulceration and to permit the speculation of tissue characterization.

Morphological aspect : Our data suggest that the degree of stenosis from color coded Doppler imaging tends to be underestimated as compared with that estimated by angiography, because the sonography from color-coded Doppler goes over the artery wall, especially in severe stenosis. However, the accuracy of identifying carotid artery stenosis by carotid sonography is above 90% by combined use of the criteria from peak systolic velocity.

Tissue characterization : The plaques are classified into echolucent, echogenic or hyperechoic from the echogenicity, and into homogeneous or heterogeneous from its context. Echolucent plaque reflects hemorrhage or atheroma, echogenic plaque reflects fibrosis, and hyperechoic reflects calcification. The classification should be based on the quantitative analysis, because the judgment of echogenicity is influenced by the instruments used and used sonographers themselves.

(Received August 1, 2003 ; accepted September 29, 2003)

Key words : carotid sonography, carotid artery stenosis, plaque

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 13 : 145-150, 2004

はじめに

頸動脈超音波検査は非侵襲的で手軽に行えるため、頸動脈病変の診断のためのスクリーニング検査として普及してきたが、その長所や問題点を十分に知ったうえで行わないと的確な診断はできない。

形態診断における超音波検査の長所としては、ベッドサイドで簡単に行える、解像度が高い、経時的な評価が可能、組織性状診断が可能なことなどがあげられる。一方、短所としては機種や術者により所見に差が出る、狭窄度が過小評価されやすい、石灰化が強いと評価できな

い、高位の病変が見逃されやすいことがあげられる。

経時的変化

Fig. 1 に経時的なフォローで軽度の狭窄が高度狭窄になった例、Fig. 2 には逆に高度狭窄が軽度の狭窄に改善した例を示す。どちらも2年間で著しい変化が起こっているが、この間まったく無症状であった。フォローアップの間隔については明記されたものはないが、少なくとも1年間隔、できれば6カ月間隔でフォローする必要があると考えている。脳梗塞急性期の症例では、短期間に

国立循環器病センター内科脳血管部門／〒565-8565 吹田市藤白台 5-7-1 (連絡先: 長束一行)

Address reprint requests to : Kazuyuki Nagatsuka, M.D., Cerebrovascular Division, Department of Medicine, National Cardiovascular Center, 5-7-1 Fujishirodai, Suita-shi, Osaka 565-8565, Japan

Table 1 Comparison of stenotic rate indicated with angiography and ultrasound

Ultrasound	Angiography				
	Normal	Mild	Moderate	Severe	Occlusion
Normal	6	2	0	0	0
Mild	1	5	1	0	0
Moderate	1	0	3	6	0
Severe	0	0	1	2	0
Occlusion	0	0	0	0	1

Mild 0-29%, Moderate 30-69%, Severe 70-99%

大きな変化が生じることもある。Fig. 3 は入院時に内頸動脈起始部に高度狭窄が見つかり, artery to artery embolism で発症したと考えられる症例であるが, 1 週間後のフォローでプラークは全体的に輝度が上昇し, 一部が可動性となっていた。緊急手術の適応も考慮したが本人が拒否したため経過観察したところ, 翌日可動性があつた部分は消失し, 新たな症状は生じなかった。このプラークは主にプラーク内に出血した血腫により構成されていたと考えられ, 急性期の低輝度プラークは, 短期間に繰り返しフォローする必要があると思われる。

当センターではこの他にも, 血栓内膜剥離術の術後 stent 治療例のフォローアップに頸動脈超音波検査を行っている。Fig. 4 は血栓内膜剥離後のフォローアップ例であるが, プラークと潰瘍形成が起こっている。Fig. 5 は stent 留置後のフォローアップ例であるが, 遠位部に再狭窄が認められ, 狭窄直後の血流速度が著明に亢進している。

機種差による画像所見の違い

超音波診断機器の進歩は目覚ましく, この 10 年間でほとんどの機器が analog から digital に変更された。この結果, 画像の解像度は明らかに増し, 同じ症例を見ても, analog では描出できなかった near wall の内・中膜が, digital ではきれいに描出できるようになった (Fig. 6)。さらに各診断機器メーカーの独自の技術開発により, 良質な画像が容易に得られるようになってきている。しかし, 逆にこれまでのデータが診断機器を替えると役に立たなくなる可能性もある。analog と digital で得られた同一症例の内膜-中膜厚 (IMT) を計測してみると, 数値が両者では異なってくる (Fig. 6 下段)。

狭窄率の精度

血管撮影と頸動脈エコー, およびらせん CT で計測し

た NACET 法での狭窄率の一致率をみると, らせん CT では軽度の狭窄が過大評価される傾向があるが, 頸動脈エコーでは高度狭窄が過小評価される可能性がある (Table 1)。これは頸動脈エコーで高度狭窄例の狭窄率を計測する場合に, カラー Doppler で血管腔を描出して計測するが, 高度狭窄部のカラー Doppler はどうしても血管腔からはみだす傾向があるためである。この欠点を改善するために, GE 横河メディカルシステムでは B-flow, 東芝メディカルシステムズでは dynamic flow という技術を開発している。高度狭窄を過小評価しないためには, 後述べる血流速度の情報も併せて診断を行う必要がある。

石灰化病変

石灰化病変は, 超音波検査にとって最も大きな問題である。全周性に高度な石灰化がある病変は内腔がまったく見えず, 狭窄の有無やプラークの大きさなどの情報を得ることができない。明らかな狭窄があるかどうかについては, 多くの場合, 血流速度から判定可能である。

血流速度による狭窄率の推定

狭窄率が増加するにつれて狭窄直後の血流速度は上昇し, 95%を超えると逆に低下する。血流波形はさきけだったような乱流パターンを示す。この特性を利用して血流速度から狭窄率を推定することが可能である。狭窄率の判定基準は数多くあるが, 当センターでは Koga ら¹⁾の報告を用い, 収縮期最高血流速度が 200 cm/sec を超えると, NASCET で 70%以上の狭窄が存在すると判定している。

高位狭窄に対する工夫

高周波数の probe は高分解能であるが, 深部までは到

Fig. 1 A case in which carotid artery stenosis progressed for 2 years

Fig. 2 A case in which carotid artery stenosis regressed for 2 years

Fig. 3 Serial changes of intra-plaque hemorrhage

Fig. 4 A case after carotid endarterectomy

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8

- Fig. 5 Restenosis after carotid artery stenting
 Fig. 6 Comparison with analog and digital machines
 Fig. 7 Distal stenosis of the internal carotid artery
 Fig. 8 Quantitative evaluation of plaque intensity

達しない。日本人の頸動脈は分岐部が高位にあることが多く、高周波の probe では内頸動脈が十分見えにくいことも多い。このような場合には、低周波の probe を用いることにより、少なくとも高位にある高度狭窄性病変を見落とすことがなくなる。Fig. 7 左は 7.5 MHz の linear probe で見た頸動脈分岐部であるが、内頸動脈は分岐直後より先はよく見えない。そこで 3.5 MHz の sector probe を用いると、カラードプラーで遠位部まで内頸動脈が描出され、収縮期血流速度が 3 m 以上ある高度狭窄が診断できた。さらに腹部用の convex probe を用いると、解像度もある程度保ちながら遠位部が描出できた。高位の狭窄を診断するには、mini convex とよばれる、幅の小さな convex probe が最も適しているが²⁾、このように sector や腹部用の probe でも代用可能である。

もう一つの高位狭窄の診断法として、Yasaka ら³⁾が報告した経口腔頸部血管エコーがある。これは経直腸用の probe を用い、口腔内から頸動脈を描出する方法で、先ほどの低周波 probe よりもさらに高位の狭窄の診断に役立つ。

超音波による組織性状診断

超音波検査の長所の一つとして、組織性状診断が可能であることがあげられる。これまでの研究により、低輝度プラークは粥腫や血腫、等輝度プラークは線維組織、高輝度プラークは石灰化を反映していることがわかっていく。近年プラーク性状と脳梗塞発症リスクについて数多くの報告がでていくが、低輝度プラークが危険であるというものが多い。これは粥腫や血腫が内容物の場合、プラークの破綻が生じたり潰瘍を形成しやすくなるため、塞栓源となりやすいためと考えられる。

現在このようなプラーク性状の診断については、検者が目で見て定性的な診断を行っているが、エコー輝度は検者間、診断機器の設定や機種によっても大きく異なってくる。検者間の差をなくすためには、輝度の定量化が有効であるが、最も簡単な方法としてはコンピューター

で画像を取り込み、市販の画像処理ソフトで定量化することである。定量化の方法としては血管腔内と外膜を基準として画像を補整した後、プラークの平均輝度を求める (Fig. 8)。

このような定量化により、検者の主観的な判定に頼っていたプラーク性状診断は、かなり検者間の差をなくすることが可能である。しかし、超音波診断機器で得られる画像は、少しでも見やすくするために装置内でさまざまな処理がなされている。これらの処理は装置により異なり、いくら定量化しても機器による差を埋めることはできない。そこで近年、探触子から入ってきた生データを解析する方法が検討され、対応する診断機器も出てきている。この生データは RF 信号とよばれ、信号強度の計測には integrated backscatter という、波形を積分する方法がよく用いられている。当センターでも、この手法を用いプラーク性状診断を試みて、病理組織との対比検討を行っている。

おわりに

以上のように超音波検査による頸動脈病変の診断は、形態、組織性状いずれについても進歩しつつあるが、未解決の部分も多い。超音波検査の長所と限界をよく理解し、さまざまなアプローチ法があることを知ったうえで、初めての的確な診断が可能となる。

文 献

- 1) Koga M, Kimura K, Minematsu K, Yamaguchi T: Diagnosis of internal carotid artery stenosis greater than 70% with power Doppler duplex sonography. *AJNR* 22: 413-417, 2001.
- 2) Todo K, Watanabe M, Fukunaga R, Araki K, Yamamoto S, Rai M, Hoshi T, Nukata M, Taguchi A, Kinoshita N: Imaging of distal internal carotid artery by ultrasonography with a 3.5-MHz convex probe. *Stroke* 33: 1792-1794, 2002.
- 3) Yasaka M, Kimura K, Otsubo R, ISA K, Wada K, Nagatsuka K, Menematsu K, Yamaguchi T: Transoral carotid ultrasonography. *Stroke* 29: 1383-1388, 1998.

要 旨

超音波検査を用いた頸動脈病変の的確な診断

長束 一行

頸動脈病変の診断に超音波検査を用いた場合のメリットは、狭窄率や潰瘍の有無といった形態的な情報ばかりでなく、組織性状も推測できることにある。

形態診断：狭窄率の精度に関しては、Bモード、カラードブラ、パワードブラ画像に血流速度の情報を加味することで、90%以上の正診率があるとされている。どの診断法を gold standard とするのかという問題もあるが、われわれの成績では画像からの計測のみでは高度狭窄例では過小評価される傾向があった。また、石灰化の強い例などでは計測不能なこともあり、血流速度による狭窄率の評価を併用する必要がある。しかし血流速度による狭窄率の測定はさまざまなパラメーターが用いられ、まだ標準化されていないという問題点がある。

組織性状診断：超音波で見えるブランクは、輝度から echolucent, echogenic, hyperechoic と分けることができ、均一性から homogeneous, heterogeneous と分類できる。echolucent なものは血腫や粥種、echogenic なものは fibrosis, hyperechoic なものは石灰化を反映しており、90%以上の精度で組織性状と一致するといわれている。しかし、現在エコー輝度による分類は検者の主観で決定されており、診断装置の機種や設定によりかなり見え方も異なる。今後エコー輝度の定量化が必要と考えられている。

脳外誌 13: 145-150, 2004

脳神経外科ジャーナル

次号予告

第13巻 第4号 2004年4月

本誌13巻4号は、第24回日本脳神経外科コンgresプログラムおよび抄録となります。
学会当日は抄録号は改めて用意いたしませんので本誌4号を持参して下さい。

脳神経外科ジャーナル

次々号予告

第13巻 第5号 2004年5月

総 説

- ジストニアに対する脳神経外科治療 東京女子医科大学 平 孝臣, 他
求心路遮断痛に対する大脳皮質刺激療法 大阪大学 齋 藤 洋 一
振戦に対する視床手術—凝固術と脳深部刺激療法のための手術とではどう違うか 日本大学 深谷 親, 他
中大脳動脈瘤の解剖と手術 東北大学 富 永 悌 二

原 著

- IC-PC aneurysm の解剖と手術 北海道大学 石川 達哉, 他
手術手技・周術期管理

- 前交通動脈瘤の解剖と手術 NTT 東日本関東病院 永 田 和 哉

症例報告

- 外頸動脈から栄養血管を認めた小脳悪性神経膠腫の1例 淀川キリスト教病院 田中 一寛, 他
初回破裂時には明らかでなかった破裂微小脳動脈瘤からの
再出血に対する血管内手術 那覇市立病院 百次 仁, 他

編集の都合上内容が若干異なる場合がありますのでご了承ください。