

頸動脈の超音波検査

長束 一行

要 旨：頸動脈エコー検査はさまざまな程度の頸動脈病変を非侵襲的に評価できる。内中膜厚（IMT）は全身の動脈硬化を反映し、リスクの影響、心血管疾患の発症予測、治療効果の判定が可能である。プラークの画像からは組織性状が判定可能で、脳梗塞のリスクを推測できる。狭窄率からは手術や血管内手術の適応の判断に有用な情報を得ることができる。血流速度からは内頸動脈狭窄の狭窄率、内頸動脈遠位部の閉塞性病変、椎骨動脈の閉塞性病変の推測が可能である。

(J Jpn Coll Angiol, 2004, 44: 715-720)

Key words: carotid ultrasonography, intima-media thickness, tissue characterization, statin

はじめに

頸動脈エコー検査は、脳血管障害の症例のみならず全身の動脈硬化を反映するため、リスクのある症例のスクリーニング検査としてもその有用性が確認され、広く普及しつつある。頸動脈の超音波検査で評価できる項目として、内中膜厚（intima-media thickness: IMT）、プラーク、狭窄率、血流速度が挙げられるが、本稿ではそれぞれの項目を最新の知見を踏まえて紹介する。

IMT

超音波検査では頸動脈の内膜と中膜が一層の膜状に見え、この厚さをIMTと呼んでいる（Fig. 1）。IMTは加齢により肥厚し、男性のほうが女性より肥厚しているが、高血圧、糖尿病、高脂血症など動脈硬化の危険因子が存在するとさらに肥厚し、冠動脈疾患、閉塞性動脈硬化症（arteriosclerosis obliterans: ASO）、脳梗塞などの動脈硬化性疾患が存在する群でも肥厚していることが知られている。これらの結果から、IMTは全身の動脈硬化を反映することが明らかとなり、動脈硬化の進展に関与する可能性のある因子とIMTの関連が数多く報告されている。これまでに炎症マーカー¹⁾、感染症²⁾、睡眠時無呼吸³⁾、ストレス⁴⁾、アルコール⁵⁾など多数の因子が独立した動脈硬化の進展因子であることが分か

り、最近では10歳頃からすでに高コレステロール血症や炎症性マーカーの上昇がIMTの肥厚を来していることも明らかにされている⁶⁾。また、IMTにより将来の心血管疾患発症の予測が可能であることも知られている⁷⁾（Fig. 2）。

これまで動脈硬化に対する治療の評価は通常endpointとなる心血管疾患の発症により行ってきたため、多数の症例を長期間観察することが必要であった。しかし最近スタチンやカルシウム拮抗剤がIMTの肥厚を退縮させる効果があることが分かり⁸⁾（Fig. 3）、抗動脈硬化作用のsurrogated endpointとして注目を集めている。退縮はしないものの、ビタミンC、Eのサプリメントの服用⁹⁾や、糖尿病のコントロールでIMT肥厚の進展が抑制されるという報告もある。

プラーク

プラークは局所的な隆起性病変を意味し、通常1mm以上の厚みのあるものと定義されている。プラークの評価は、大きさや数のほか、エコー輝度、均一性、表面性状、可動性の有無により行う。

まず大きさと数に関しては、それぞれ単独で評価することもあるが、プラークの高さの総和で評価するプラークスコアが便利である。プラークスコアを用いた報告には、脳梗塞発症率との関連、脳梗塞の病型分類

国立循環器病センター内科脳血管部門

2004年9月6日受理

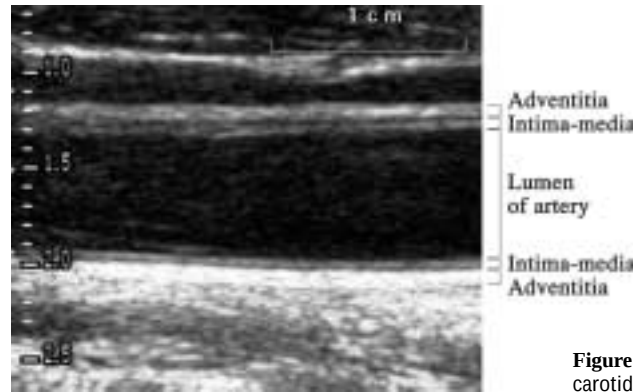


Figure 1 IMT of common carotid artery.

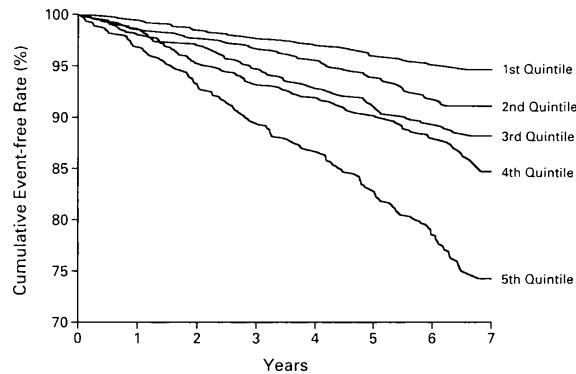


Figure 2 IMT and incidence of cardiovascular disease (from reference 7).

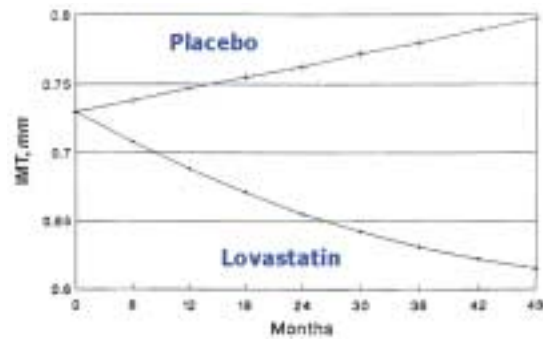


Figure 3 Effect of statin on IMT (from reference 8).

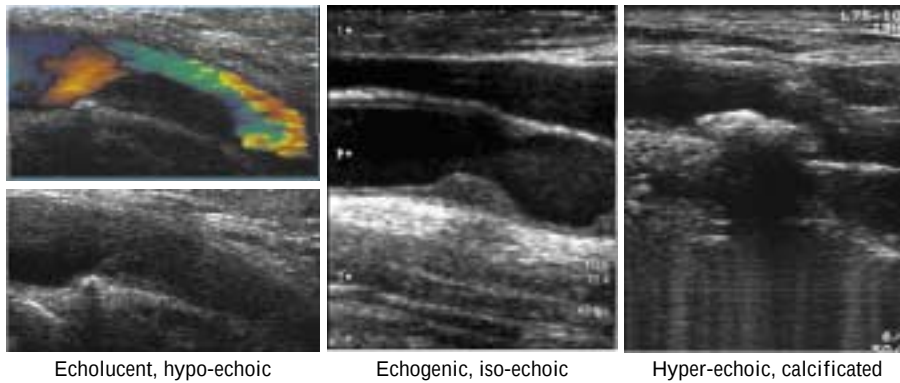


Figure 4 Calcification of plaques.

への利用、高感度C反応性蛋白(C-reactive protein: CRP)と動脈硬化進展に関する報告などがある。

エコー輝度は通常、低輝度(echolucent, hypo-echoic), 等輝度(echogenic, iso-echoic), 高輝度(hyper-echoic, calcificated)の3つに分類される(Fig. 4)。それぞれ血液、

筋肉または内中膜、骨と同程度の輝度と定義されている。エコー輝度はプラークの病理組織性状を反映するとされており、低輝度プラークは粥腫やプラーク内出血、等輝度プラークは線維性病変、高輝度プラークは石灰化病変と対応している。低輝度プラークは脳梗塞発症のり

スクが高いという報告が多く¹⁰⁾、これは粥腫や血腫で構成され脆弱で破綻しやすいためと考えられている。

エコー輝度の分類は定性的で検者の目で見た判定によっており、診断装置の差や設定により輝度が変化することもあり、まだまだ誤差が大きいと考えられている。エコー輝度を定量化する簡便な方法としては、市販のパソコンソフトを用いる方法もあるが、診断装置はそれぞれメーカーにより画像を見やすくするため異なった超音波信号の処理をしており、もともとの信号に含まれている組織性状に関する情報が修飾されている。処理する前の生の超音波信号を用い、信号強度を積分し定量化するintegrated backscatterという手法が肝臓や心臓の組織性状診断に用いられており、頸動脈プラークに対しても同じ手法を用いることができる。われわれの施設でintegrated backscatterを用いて、血栓内膜剥離術後の病理組織と対比したところ、Fig. 5のように組織を定量的に分類することが可能であることが分かった。

均一性については、AbuRahmaらが不均一なプラークは狭窄率が同じでも均一なプラークに比較して症候性の病変である頻度が高いことを報告している¹¹⁾。われわれも低輝度なコアを有する不均一なプラークが、短期間のうちに潰瘍形成をしていく様子を捉えており、脆弱なプラークが多いのではないかと考えている。

表面性状では一般的に潰瘍は2mm以上の陥凹を示すものと定義されており、平滑なものとの間にあるものは

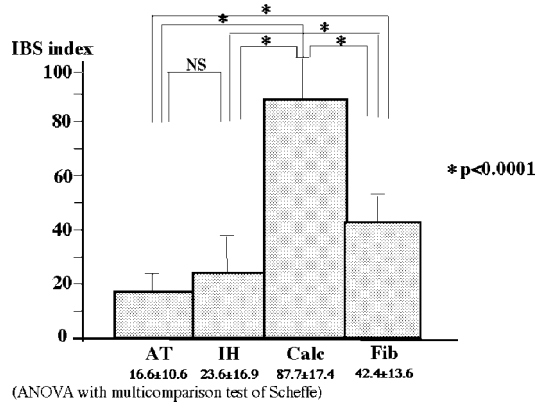


Figure 5 Relationship between integrated backscatter and pathological findings.

不整という表現が用いられる。潰瘍は脳梗塞発症のリスクであり、有意狭窄がなくとも不整な表面性状のプラークが脳梗塞の原因となった症例も経験している。

可動性の有無はリアルタイムに病変を観察できる超音波検査にしかできない評価である。これまで報告されてきた可動性の病変はほとんどいわゆるfloating thrombusと呼ばれるもので、プラークの表面に付着した血栓や、内膜の断片である。しかし最近われわれはプラークそのものが拍動でひずんだり (Fig. 6)、プラークの内部に流動性のある病変が観察できることを発見している。

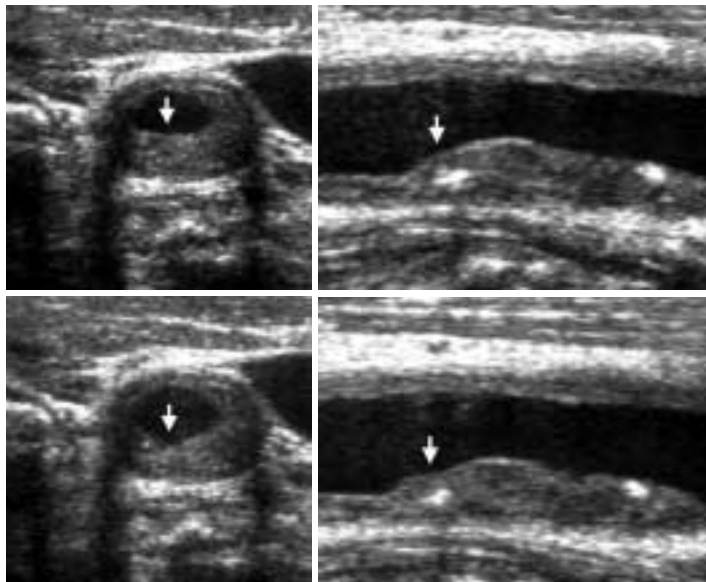


Figure 6 Strained plaque by pulsation.

注意深く観察しないと見逃すことが多いが、不安定ブ
ラークを診断するための重要な所見と考えている。

狭窄率

狭窄率は計測法が多数あるので、それぞれの意義を
よく理解し、狭窄率とともに計測法を明示しておくこ
とが重要である。頸動脈エコー検査で最も一般的に用
いられているのは、短軸像で断面積から算出する方法
であろう。狭窄が偏心性であったり、扁平である場合
に正確に評価できるが、径から算出するよりも数値が
大きくなる。径で測定する場合にはNASCET(North
American Symptomatic Carotid Eudarterectomy Trial)²⁾と
ECST(European Carotid Surgery Trial)³⁾法があるが、
NASCET法のほうがECST法より狭窄率が低く出る。血
栓内膜剥離術の適応を決める場合には通常NASCET法
が用いられることが多い(Fig. 7)。

直接狭窄率を計測せずに、血流速度から狭窄率を推
定する方法もある。血管に狭窄があると血流速度が上

昇することを利用するのであるが、われわれの施設では
最高収縮期血流速度が200cm/sec以上であればNASCET
法で70%以上の狭窄が存在するという基準を採用して
いる¹⁴⁾。狭窄が強くなるにつれて血流速度はさらに上
昇するが、著明な狭窄でnear occlusionに近い状態とな
ると血流速度は逆に低下してくる。この場合には、血
流波形が乱流パターンを示すので、この波形を見逃さ
なければ高度狭窄を見落とすことはない(Fig. 8)。

頸動脈エコー検査では通常7.5MHz以上のリニアプ
ローベが用いられる。高周波プローベは体表近くのも
のを高分解能で見ることができるが、深度が深くな
ると急激に対象物が見えなくなる。日本人の頸動脈は分
岐部が高いため、内頸動脈がリニアプローベで十分見
えない症例も少なくない。このような症例では低周波
(できれば5MHzが最適であるが3.5MHzでも可能)のセ
クタやコンベックスプローベを用い、カラードプラで
血管を描出すると遠位部の内頸動脈が見え、狭窄の有
無は血流速度での評価が可能となる(Fig. 9)。

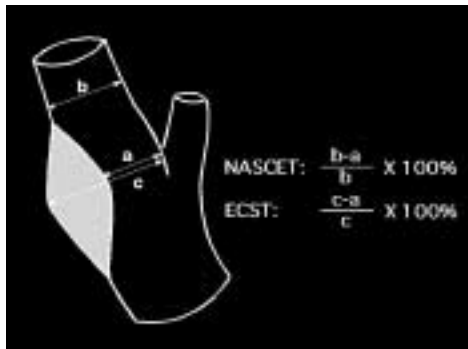


Figure 7 Methods of measuring stenosis.

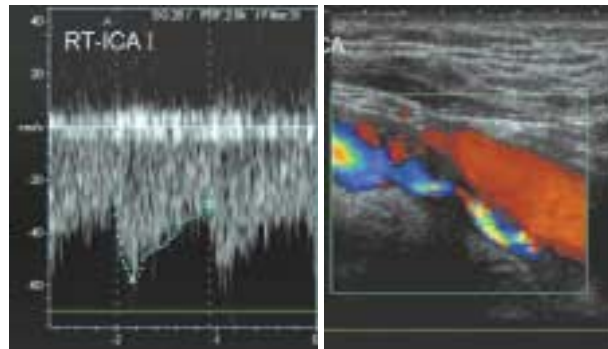


Figure 8 Turbulent pattern by severe stenosis.

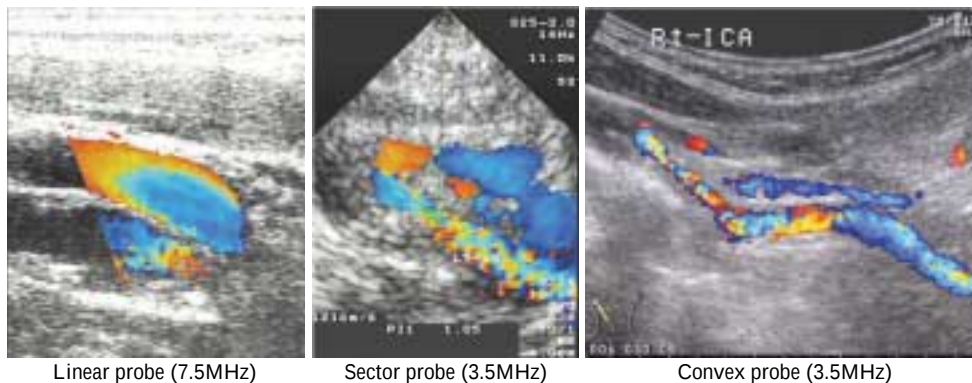


Figure 9 Ultra-
sound images of
distal portions of
internal carotid
artery by low
frequency probe.

狭窄性病変は短期間に進行する場合もあり，内科的に頸動脈狭窄病変を治療する場合には頸動脈エコー検査でのフォローアップが欠かせない。フォローアップの間隔は特に確立されたものはないが，高度狭窄の場合は初回は3カ月，変化がなければ6カ月後と間隔を延ばしていくようにしている。

血流速度

われわれの施設で頸動脈エコー検査をスクリーニングで行う場合，総頸動脈，内頸動脈，椎骨動脈の血流速度を計測している。総頸動脈の拡張末期血流速度の左右差が1.4以上あると遠位部の狭窄性病変を疑うが¹⁵⁾，内頸動脈の血流の左右差には診断的価値が少ない。椎骨動脈は血管径に左右差がある場合には，血流速度の左右差に病的な意義がないため，Fig. 10のようなフローチャートに従って診断を行っている¹⁶⁾。

おわりに

日本人の頸動脈病変は確実に増加しており，今後も生活習慣病の増加に伴い増えていくものと思われる。ごく初期の病変から高度狭窄まで非侵襲的に診断可能な頸動脈エコー検査は，スクリーニング，全身の動脈硬化の評価，治療の効果判定，脳梗塞の病型診断および治療方針の決定とさまざまな用途があり，さらに普及するものと思われる。

文 献

- 1) Sitzer M, Markus HS, Mendall MA et al: C-reactive protein and carotid intimal medial thickness in a community population. *J Cardiovasc Risk*, 2002, 9: 97–103.
- 2) Sander D, Winbeck K, Klingelhofer J et al: Enhanced progression of early carotid atherosclerosis is related to *Chlamydia pneumoniae* (Taiwan acute respiratory) seropositivity. *Circulation*, 2001, 103: 1390–1395.
- 3) Kaynak D, Goksan B, Kaynak H et al: Is there a link between the severity of sleep-disordered breathing and atherosclerotic disease of the carotid arteries? *Eur J Neurol*, 2003, 10: 487–493.
- 4) Castillo-Richmond A, Schneider RH, Alexander CN et al: Effects of stress reduction on carotid atherosclerosis in hypertensive African Americans. *Stroke*, 2000, 31: 568–573.
- 5) Mukamal KJ, Kronmal RA, Mittleman MA et al: Alcohol consumption and carotid atherosclerosis in older adults: The Cardiovascular Health Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2003, 23: 2252–2259.
- 6) Jarvisalo MJ, Harmoinen A, Hakanen M et al: Elevated serum C-reactive protein levels and early arterial changes in healthy children. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2002, 22: 1323–1328.
- 7) O'Leary DH, Polak JF, Kronmal RA et al: Carotid-artery intima and media thickness as a risk factor for myocardial infarction and stroke in older adults. Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group. *N Engl J Med*, 1999, 340: 14–22.
- 8) Hodis HN, Mack WJ, LaBree L et al: Reduction in carotid arterial wall thickness using lovastatin and dietary therapy: A randomized controlled clinical trial. *Ann Intern Med*, 1996, 124: 548–556.
- 9) Salonen RM, Nyyssönen K, Kaikkonen J et al: Six-year effect of combined vitamin C and E supplementation on atherosclerotic progression: The Antioxidant Supplementation in Atherosclerosis Prevention (ASAP) Study. *Circulation*, 2003, 107: 947–953.
- 10) Mathiesen EB, Bona KH, Joakimsen O: Echolucent plaques are associated with high risk of ischemic cerebrovascular events in carotid stenosis: The tromso study. *Circulation*, 2001, 103: 2171–2175.
- 11) AbuRahma AF, Wulu JT, Jr., Crotty B: Carotid plaque ultrasonic heterogeneity and severity of stenosis. *Stroke*, 2002, 33: 1772–1775.
- 12) Clinical alert: Benefit of carotid endarterectomy for patients with high-grade stenosis of the internal carotid artery. National Institute of Neurological Disorders and Stroke Stroke and Trauma Division. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) investigators. *Stroke*, 1991, 22: 816–817.
- 13) MRC European Carotid Surgery Trial: Interim results for symptomatic patients with severe (70–99%) or with mild (0–29%) carotid stenosis. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. *Lancet*, 1991, 337: 1235–1243.
- 14) Koga M, Kimura K, Minematsu K et al: Diagnosis of internal carotid artery stenosis greater than 70% with power Doppler duplex sonography. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2001, 22: 413–417.
- 15) Kimura K, Yonemura K, Terasaki T et al: Duplex carotid sonography in distinguishing acute unilateral atherothrombotic from cardioembolic carotid artery occlusion. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1997, 18: 1447–1452.
- 16) Saito K, Kimura K, Nagatsuka K et al: Vertebral artery occlusion in duplex color-coded ultrasonography. *Stroke*, 2004, 35: 1068–1072.

Ultrasound Examination of Carotid Arteries

Kazuyuki Nagatsuka

Cerebrovascular Division, Department of Internal Medicine, National Cardiovascular Center, Osaka, Japan

Key words: carotid ultrasonography, Intima-media thickness, tissue characterization, statin

Carotid ultrasonography can be used to non-invasively evaluate a variety of carotid artery damage. Measurements of intima-media thickness (IMT) of the carotid arteries represent systemic atherosclerosis and allow prediction of risk factors including cardiovascular disease, and also determination of the therapeutic effect of anti-atherosclerosis therapy. Tissue characterization can be determined from ultrasonography of plaque and the risk of cerebral infarction can be estimated. Useful information to determine whether surgery or endovascular surgery is indicated can be obtained from the extent of stenosis. The extent of carotid artery stenosis and obstructive damage to distal internal carotid arteries and vertebral arteries can be estimated from the blood velocity. (J Jpn Coll Angiol, 2004, **44**: 715–720)