

11. 超音波検査の進め方

頸動脈疾患のチェックポイント

中島 哲 岩下 浄明¹⁾ 上條 敏夫²⁾ 武山 茂³⁾
 山口 秀樹⁴⁾ 高須賀 康宣⁵⁾ 水島 美津子⁶⁾

IRYO Vol. 60 No. 11 (716-722) 2006

キーワード 頸動脈疾患, 超音波検査, 動脈硬化, ドプラ, 血流速度

はじめに

近年, 生活様式の変化にともない高血圧, 高脂血症, 糖尿病, 肥満などの生活習慣病が増加している。これらの生活習慣病は動脈硬化症の根源であり, 脳血管障害, 心筋梗塞などの原因になることが知られている。

頸動脈超音波検査は頸動脈が体表に近く容易に描出ができることから, 血管壁, 血管内腔, 血流速度などの詳細な情報が得られる。そのため血管超音波検査の中で最も普及している検査である。評価目的は頸動脈の動脈硬化を把握するだけではなく, 脳血管障害の原因検索や全身の動脈硬化のスクリーニング検査として用いられている。

本稿では適切な検査法と頸動脈病変を評価するうえでの留意点およびチェックポイントについて述べる。

適応疾患

- ①脳血管疾患：脳梗塞・脳虚血・もやもや病
- ②頸部血管疾患：動脈狭窄症・高安動脈炎・鎖骨下動脈盗血症候群
- ③動脈硬化性疾患：心筋梗塞・大動脈解離
- ④高血圧・代謝疾患：高血圧・糖尿病・高脂血症
- ⑤その他：めまい・ふらつきの自覚症状

頸部動脈の解剖

頸動脈超音波検査を実施するうえで, 頸部血管の解剖学的位置関係を知ることは重要である。

頸部動脈の走行を図1に示すように総頸動脈, 内頸・外頸動脈の起始部, 椎骨動脈の一部が観察可能範囲である。頸部血管は脳を含む頭蓋内に血液を供給しており, 総頸動脈系と椎骨動脈系に分けることができる。

国立病院機構西群馬病院 研究検査科 1) 国立病院機構埼玉病院 臨床検査科
 2) 国立病院機構 西埼玉中央病院 研究検査科 3) 国立病院機構東京病院 臨床検査科
 4) 国立国際医療センター 臨床検査部 5) 国立病院機構四国がんセンター 臨床検査科
 6) 国立病院機構さいがた病院 臨床検査科

別冊請求先：中島 哲 国立病院機構 西群馬病院 研究検査科 〒377-8511 群馬県渋川市金井2854番地
 (平成18年9月11日受付)

Series of Articles on Ultrasonography 11. Clinical Applications of Ultrasonography : Diagnosis of Carotid Artery Disease
 Satoshi Nakajima, Kiyooki Iwashita, Toshio Kamijo, Shigeru Takeyama, Hideki Yamaguchi, Yasunori Takasuka and
 Mitsuko Mizushima

Key Words : carotid artery disease, ultrasonography, arteriosclerosis, doppler, blood flow velocity

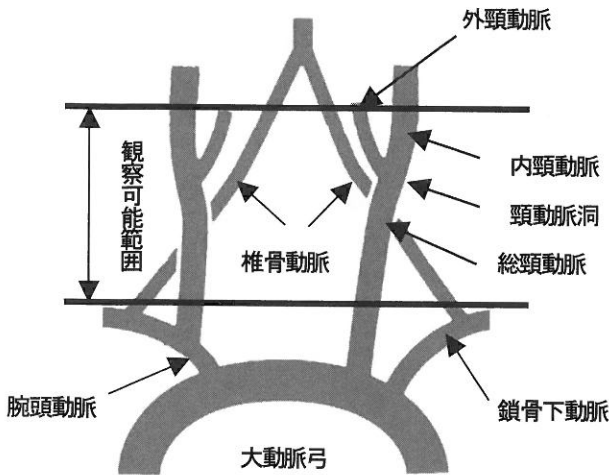


図1 頸部動脈の走行

頸動脈洞から内頸・外頸動脈起始部までは動脈硬化病変の好発部位である。

頭蓋内脳底部の解剖

頭蓋内脳底部における動脈の走行を図2に示す。内頸動脈は屈曲しながら頭蓋内に入り、中大脳動脈と前大脳動脈に分かれる。一方、左右の椎骨動脈は頭蓋内で1本の脳底動脈になり、主に脳幹や後頭を支配する。このように血管が連絡し輪状に形成された動脈吻合を Willis 動脈輪と呼ぶ。

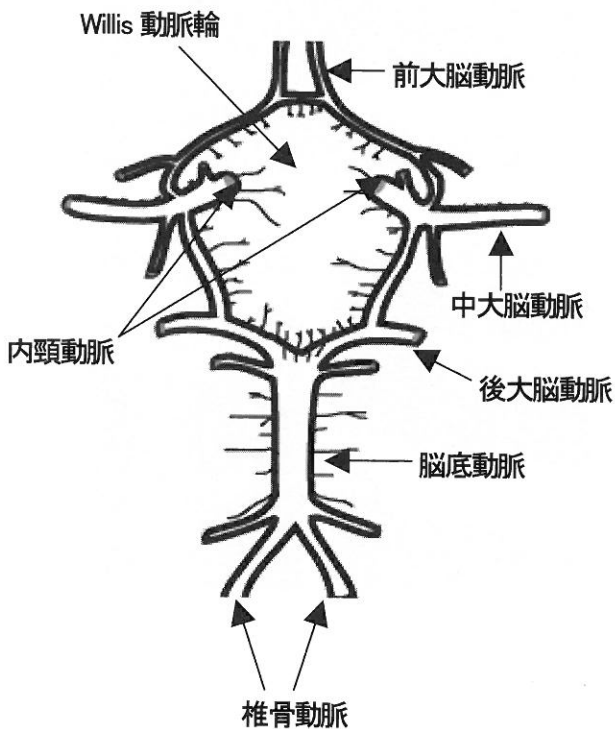


図2 頭蓋内脳底部における動脈の走行

解剖のチェックポイント

1) Willis 動脈輪

Willis 動脈輪は、いずれかの動脈に血流障害が生じてても他の動脈が側副血行路として働く仕組みになっているため、脳組織への血液は常に供給され、脳虚血になりにくい構造を呈している。

2) 外頸動脈

外頸動脈は頭蓋外を走行し浅側頭動脈などを分岐し、通常は脳への栄養血管とはならない。しかし、内頸動脈閉塞、もやもや病などでは外頸動脈から頭蓋内に側副血行路がみられることがある。このような場合、外頸動脈の血流評価は重要となる。

検査方法

1) 患者体位

患者体位は仰臥位とし、枕をはずして頸部をやや伸展させ、検査側の反対に軽く傾けさせる。しかし、傾けすぎると血管のねじれを生じ、かえって評価しにくくなる。

2) 検査手順

- ①腕頭動脈から総頸動脈、内頸動脈、外頸動脈の走行を短軸・長軸断面で確認し、血管蛇行の有無やプラークの存在位置を確認。
- ②カラードプラ法を用い、狭窄の程度、閉塞の有無を観察。
- ③内中膜壁厚 (IMT) 計測、血管径計測。
- ④プラークの性状、狭窄率、閉塞性病変の評価。
- ⑤総頸動脈、内頸動脈、椎骨動脈の血流速度計測。
- ⑥血流波形に異常があれば原因病変を検索。
左頸動脈についても同様に実施する。

画像表示方法

画像の表示方法は統一されていないのが、現状である。一般的には日本脳神経超音波検査学会推奨の方法 (図3a, b) が用いられている。

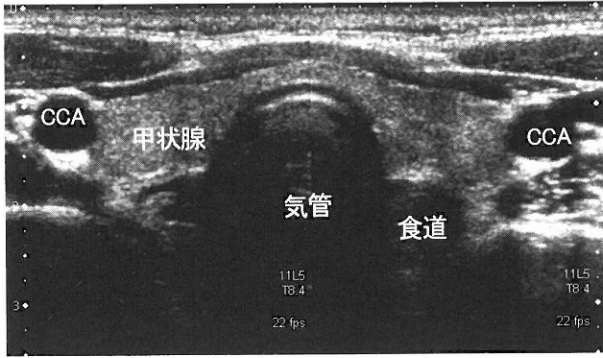


図3a 短軸断面

短軸断面は足側（末梢）から眺めた像とする。すなわち向かって右側が患者の左となるように表示する。

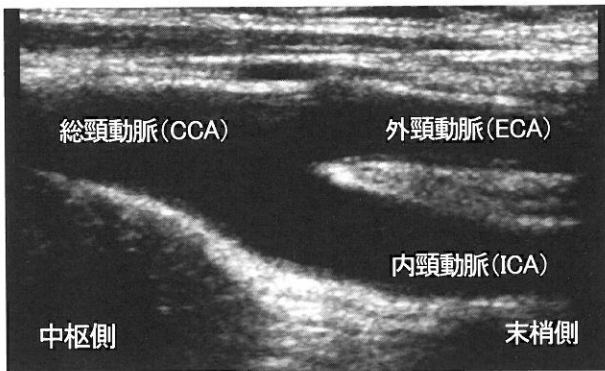


図3b 長軸断面

長軸断面は中枢（心臓）側が左，末梢（頭）側が右に表示する。

走査上の留意点およびチェックポイント

1) 走行形態と分岐位置

内頸動脈および外頸動脈の走行と分岐の高さ，位置，角度には個人差がみられる。また，日本人は比較的分岐部が高位に位置しているため，分岐部末梢側の描出困難の場合がある。このような場合はセクタ型やコンベックス型のプローブを用いて，カラーDプラ法およびパルスDプラ法を中心に評価する。

2) 多方面からのアプローチ

近距離であっても超音波の特性上，減衰，アーチファクトは生じる。IMT計測やプラーク評価に際しては多方面から描出する工夫が必要である。

3) プローブの圧排

頸動脈洞の血管外膜には血圧変動に敏感な神経があるため過度の圧排は血圧低下，徐脈を引き起こす恐れがある。また，可動性プラーク，不安定プラークに対しては剥離させる危険性があるので注意を要する。

評価項目

1. 基準値

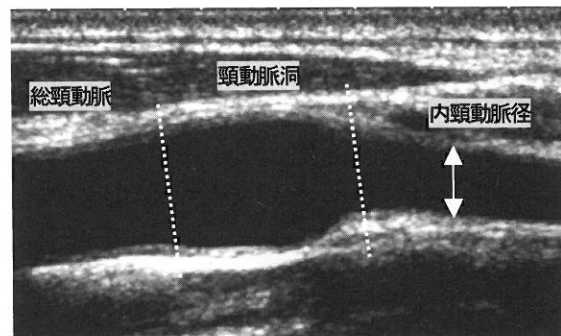
参考的な基準値を表1に示す。

表1 頸動脈計測値の基準値

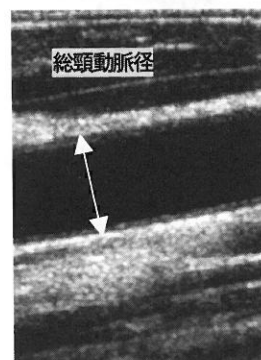
パラメーター	総頸動脈	内頸動脈	椎骨動脈
径 (mm)	7.0±0.9	5.4±1.0	3.1±0.6
IMT (mm)	0.5~1.0	0.5~1.0	—
最高血流速度 (cm/sec)	90±20	63±20	56±17
平均血流速度 (cm/sec)	47±12	37±13	30±10
拡張末期血流速度 (cm/sec)	21±7	21±7	15±7

2. 血管径 (図4a, b, c)

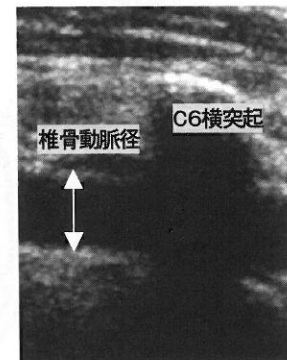
内中膜複合体表面間距離を計測する方法と外膜間内径を計測する方法の2種類があるが，ガイドラインでは外膜間内径を血管径とする。異常値の取り扱いについては総頸動脈10mmを超える場合，内頸動脈8mmを超える場合は拡張ありと判断される。椎骨動脈は左右差が主な観察となる。



a 内頸動脈径



b 総頸動脈径



c 椎骨動脈径

図4 血管径

- a 内頸動脈:頸動脈洞の膨らみがなくなった部位で測定。
- b 総頸動脈:頸動脈洞より20-30mm 中枢側の径変化の小さい部位で測定。
- c 椎骨動脈:C6横突起に入口する部位で測定。

3. 内中膜複合体厚

動脈壁の構造は内側から内膜、中膜、外膜の3層で構成されている。超音波画像では、内側から高-低-高エコーの3層構造として描出される(図5)。内側の高エコー層と低エコー層は動脈の内膜と中膜を合わせた部分で、内中膜複合体(intima-media complex:IMC)と称し、その厚みを内中膜壁厚(intima-media thickness:IMT)と呼ぶ。正常のIMTは表面が平滑で1.0mmを超えないが、動脈硬化例では表面が不整で肥厚が認められるため、動脈硬化の指標として用いられている。

IMT計測ではプラークを含めた最も厚い部分のIMTを指標にし、総頸動脈、頸動脈洞、内頸動脈のうち最も大きい値をmax-IMTとして用いる。

また、総頸動脈ではmax-IMTと前後1cmの3点を平均して、mean-IMTとして記載している(図6)。

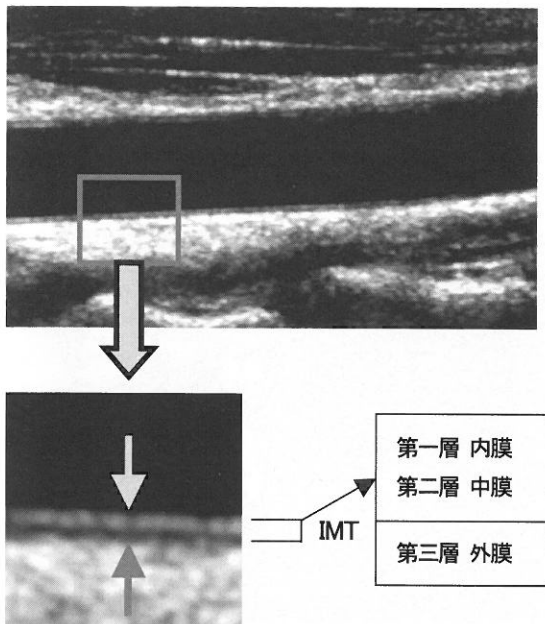


図5 内中膜複合体厚 (IMT)



図6 mean-IMTの測定

総頸動脈のmax-IMTとその前後1cmのIMTを合わせて平均する。max-IMT:3.1mm, 前後1cmのIMT:1.7mm, 2.5mm, mean-IMT:2.4mm

血管径, IMT 評価のチェックポイント

1) 計測の時相

血管径の計測, IMTの計測は血管壁への圧が最小の拡張期に行う。

2) 画像拡大機能

IMTの正確な計測をするためには画像拡大機能を用いることが重要である。

4. プラーク

1) プラークの定義

血管内腔に限局性に突出した病変のことである。一般的には1.1mm以上の明らかな隆起性病変を指す。

2) 性状評価

①表面性状評価(図7)

平滑(smooth), 不規則(irregular), 潰瘍形成(ulcer)で分別する。潰瘍は一般的には2mm以上の陥凹がある場合をいう。それ以下の陥凹は不規則としている。

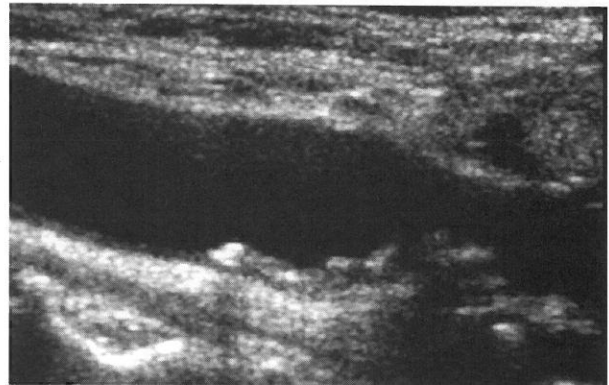


図7a 不規則型プラーク

不均一な石灰化プラークが重なり合うように形成されている。

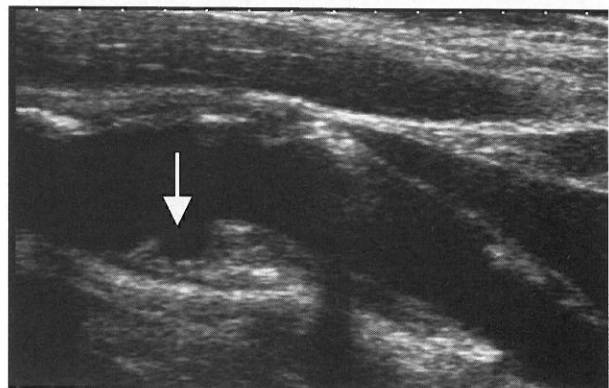


図7b 潰瘍型プラーク(矢印)

頸動脈洞に約3mmの陥凹が認められる。

②内部性状評価 (図8)

内部性状評価は超音波用語で表現する。プラークの輝度と輝度分布に分け、これらの組み合わせで表現される。

プラークの輝度は低輝度 (low echoic, echolucent), 等輝度 (isoechoic, echogenic) 高輝度 (hy-

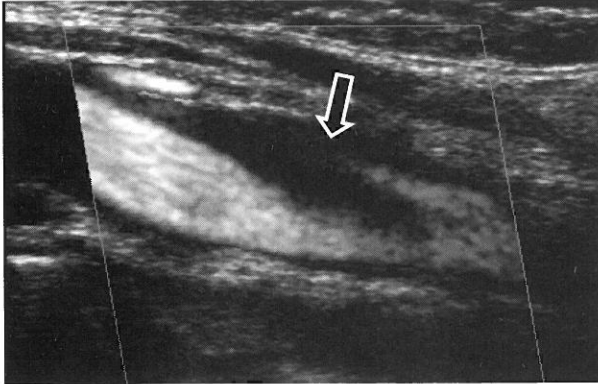


図8a 低輝度プラーク(矢印)Advanced dynamic flow
カラードプラとパワードプラの特性を併せ持ったAdvanced dynamic flowはBlooming artifactが少ない。断層像では判定困難の低輝度プラークが明瞭に確認できる。

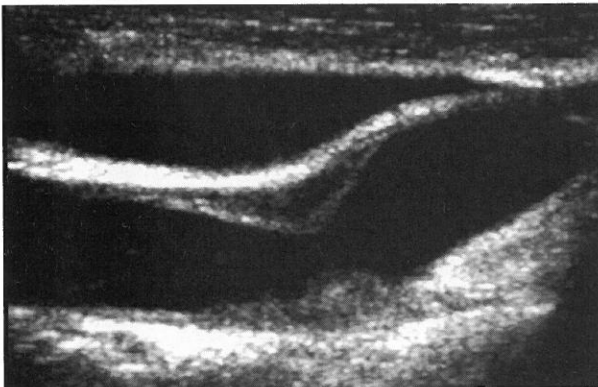


図8b 等輝度プラーク

プラークのエコー輝度はIMCとほぼ同程度で均一な病変である。

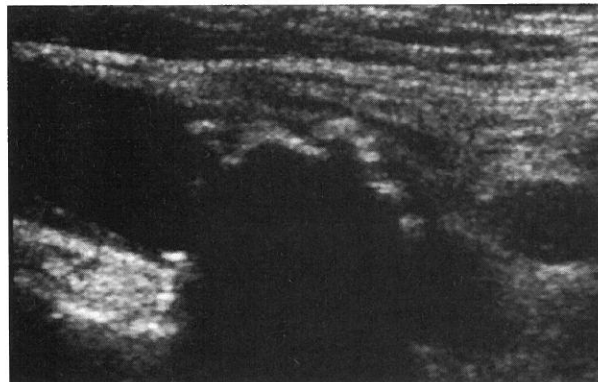


図8c 高輝度プラーク

石灰化にともない表層部が高輝度エコーを呈している。その後方は音響陰影をともっているため、プラークの有無は判定できない。

per echoic, calcificated) の3つに分類され、輝度分布は均一 (homogenous), 不均一 (heterogeneous) の2つに分類される。また、病理組織学的には低輝度プラークは血腫や粥腫、等輝度は線維性病変、高輝度は石灰化病変であることがわかっている。

内部性状評価のチェックポイント

1) 低輝度プラーク

低輝度プラークは脳血管障害の独立した危険因子である。血管内腔と同等輝度を呈しているため断層像のみでは判定困難である。カラードプラを有効に利用することが重要となる。

2) 可動性プラーク

可動性プラークは付着した血栓やプラーク内出血で崩壊したプラークと考えられている。直接の塞栓源となるので迅速な報告・対応が必要である。

5. 狭窄率 (図9)

狭窄の測定方法には、長軸断面を用い内腔径の比

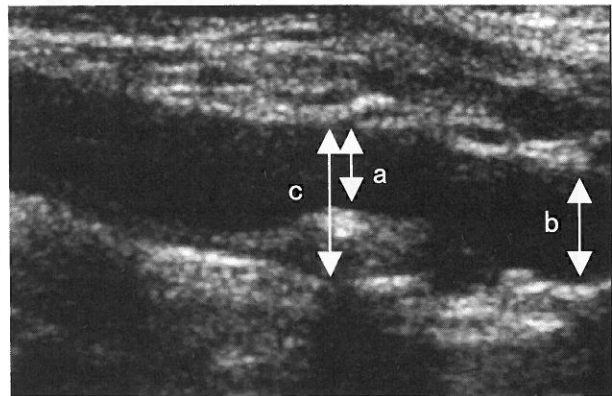


図9a 狭窄率の測定法 (NASCET法, ECST法)

NASCET : $b-a / b \times 100\%$, ECST : $c-a / c \times 100\%$

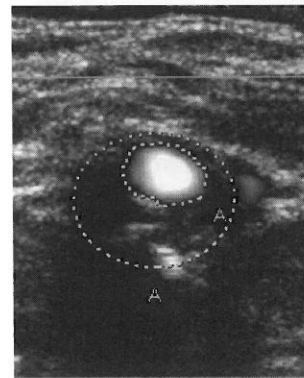


図9b 狭窄率の測定法 (面積法)

狭窄率の比較

NASCET : 33%

ECST : 52%

面積 : 76%

狭窄病変の経過観察には面積法、ECST法が有効であり、血行動態的にはNASCETが有効である。

から求める方法（NASCET法：North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial, ECST法：European Carotid Surgery Trial）と短軸断面を用い面積比から求める面積法がある。

この3法の狭窄率はかならずしも一致するものではなく、報告する際は方法を明記する必要がある。一般的にはプラークの偏在性から面積法を必須にし、他法の使い分けが望ましい。なお、頸動脈内膜剥離術（CEA：carotid endarterectomy）やステント術の適応を決める際にはNASCET法が用いられている。

6. 血流速度

パルスドプラ法を用い、主に総頸動脈、内頸動脈、椎骨動脈の最大流速、最低流速、平均流速などを計測する（図10）。狭窄がある場合、血流速度と血流パターンは狭窄前、狭窄部位、狭窄後で大きく異なる。狭窄部位で2m/sec以上の高速血流を有した場合はNASCET法で70%以上の狭窄が存在する。また、拡張末期血流の左右差が30%以上ある場合はその末梢に高度狭窄や閉塞を疑う所見とする。この左右差の比率はED ratioと呼ばれている。

内頸動脈・椎骨動脈は総頸動脈・外頸動脈に比べて拡張期流速が速い。これは、内頸動脈・椎骨動脈が脳の栄養血管で豊富な血液を必要とするために末

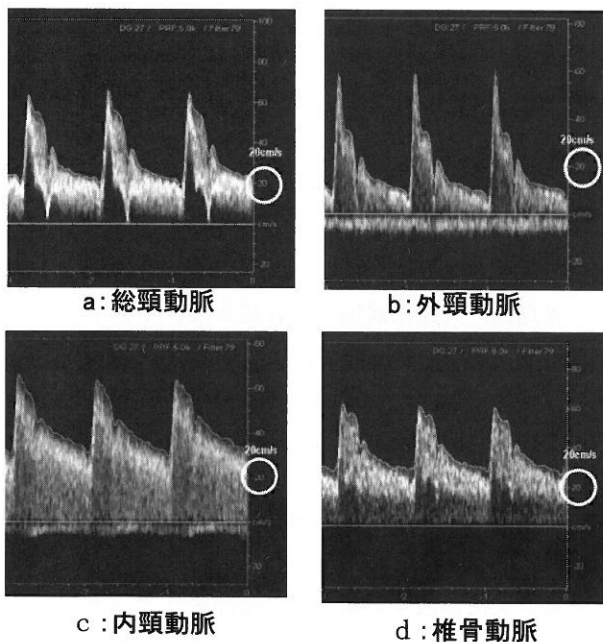


図10 正常血流波形

内頸動脈・椎骨動脈は総頸動脈・外頸動脈に比べて拡張期流速が速い。これは、内頸動脈・椎骨動脈が脳の栄養血管で豊富な血液を必要とするために末梢血管抵抗が低いことを表している。まる表示は流速20cm/s。

梢血管抵抗が低いことを表している。

血流速度のチェックポイント

1) ドプラ入射角度

ドプラ入射角度は60°以下になるように断層像を工夫したり、スラント機能を用いることが重要である。

2) 石灰化病変

血流速度測定は、音響陰影のため狭窄の存在が不明瞭な石灰化病変でも、有意狭窄の判定が可能である。

症 例

1. 高安動脈炎（大動脈炎症候群）

高安動脈炎は大動脈、基幹動脈、肺動脈などの弾性動脈に非特異的炎症病変が生じ、その結果として血管内腔の狭窄、閉塞あるいは拡張病変を呈する疾患である。総頸動脈は好発部位で、全周のIMTの著明な肥厚が特徴的で、マカロニサインと呼ばれている（図11）。

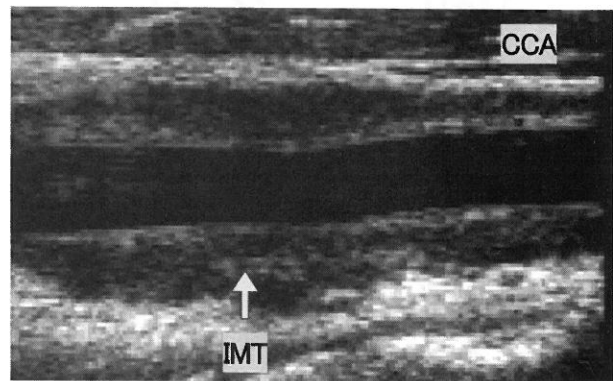


図11 高安動脈炎（大動脈炎症候群）
総頸動脈に著明なIMTの肥厚が認められる。

2. 大動脈解離

大動脈解離 Stanford A型では総頸動脈に解離が波及することがある。血管内に解離内膜（flap）を確認することにより診断ができるが、評価は解離の範囲、真腔と偽腔の鑑別が必要となる（図12）。

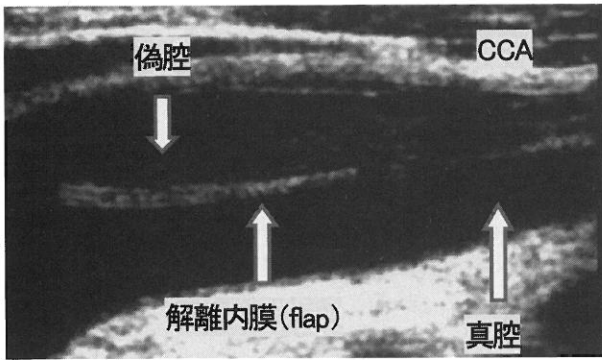


図12 総頸動脈解離

大動脈解離 Stanford A型の解離が総頸動脈に波及した例である。Flap, 真腔, 偽腔が確認でき, 偽腔内は血栓化を呈している。

3. 鎖骨下動脈盗血現象

鎖骨下動脈において, 椎骨動脈が分岐するまでの間に狭窄または閉塞が生じている場合は上肢の血流を維持するために脳底部の血液が椎骨動脈を逆流する現象で, 鎖骨下動脈の狭窄の程度に応じて逆流成分が増していく (図13)。

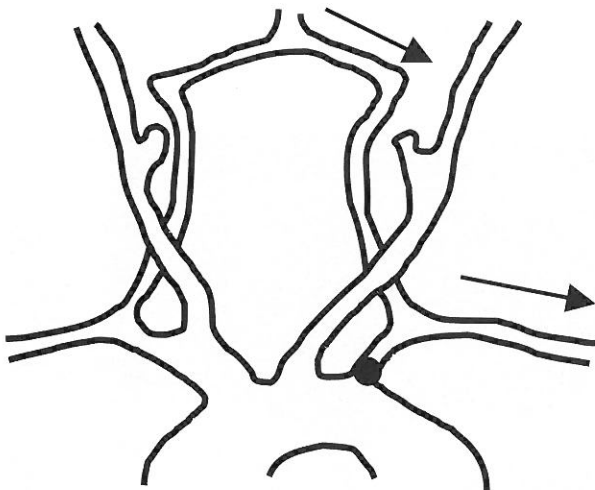


図13 鎖骨下動脈盗血現象

発生頻度は左側の方が多く, 症状は脳虚血によるめまいが主である。

3次元表示

3次元表示が超音波装置内で容易にできるようになってきた。正常の3次元表示を示す (図14)。

おわりに

頸動脈超音波検査は体表に近く容易に描出でき,

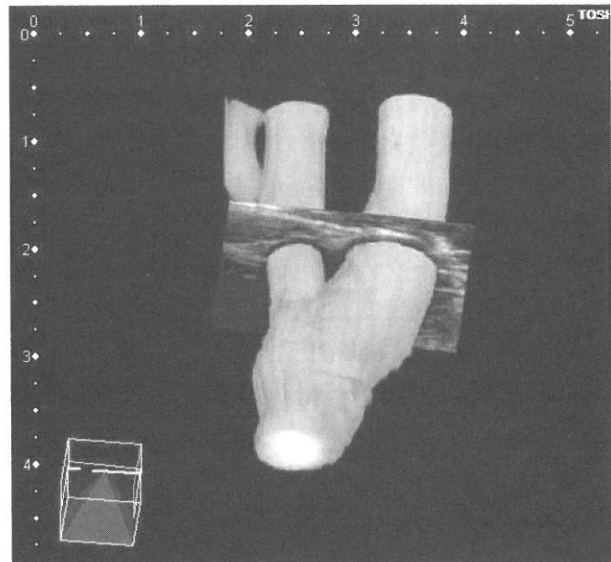


図14 3次元表示

血管の内腔や分岐状態が明瞭である。

狭窄例ではプラークの立体的構造や狭窄の程度・範囲を把握するのに有効的である。

動脈硬化の程度や脳虚血性病変の原因検索など多くの情報を得ることができる。質の高い検査を提供するためには, 走査技術, 解剖学的知識, 病態生理の習得が早道と考える。また, プラーク分類の意味やIMT, 血流速度の計測値を十分に理解し, 総合評価することが重要となる。

[文献]

- 1) 心エコー, 6 エコー法で血管病変を診る [1]: 東京, 文光堂, 738-756p, 2005
- 2) Medical Technology 臨時増刊25 血管領域・乳腺・甲状腺超音波検査: 東京, 医歯薬出版: 367-427p, 1997
- 3) 寺島茂, 久保田義則: 血管超音波テキスト, 口頸部動脈超音波検査技術特別号 30(2)25-56, 2005
- 4) 頸動脈・下肢動静脈超音波検査の進め方と評価法, 月間 Medical Technology 別冊超音波エキスパート 1: 10-74, 2004.
- 5) 半田伸夫, 日本脳神経超音波学会頸動脈エコー検査ガイドライン作成委員会動脈硬化性疾患のスクリーニング法に関する研究班, 頸動脈エコーガイドライン作成委員会: 頸動脈エコーによる動脈硬化性病変評価のガイドライン (案). Neurosonology 15: 20-33, 2002
- 6) 山崎義光ほか: 早期動脈硬化研究会のホームページ: <http://www.imt-ca.com/>