

2

頸動脈エコー実施の役割

松尾 汎

1 生活習慣病と動脈硬化

生活習慣病とは、動脈硬化性危険因子とされる高血圧、糖尿病、脂質異常症、喫煙などのことであるが、「全身の動脈硬化性循環障害[脳血管障害(CVD)、冠動脈疾患(CAD)、慢性腎臓病(CKD)、閉塞性動脈硬化症(ASO)など]の原因としても重要である。生活習慣病のコントロールや循環障害の再灌流療法が重要であることはもちろ

ん、近年は動脈硬化の進展過程の解明や低侵襲的な診断法の進歩によって、“動脈自体を詳細に観察できる”ようになり、動脈硬化の進展度も注目されるようになった(図1)。本項では、動脈硬化評価法のひとつとして注目されている頸動脈エコーの臨床的意義について、最近改訂された日本超音波医学会の標準的評価法¹⁾に基づいて解説する。

2 動脈硬化の進展とその評価法

生活習慣病が全身に動脈硬化性病変をきたし、全身の種々臓器循環障害(脳、心臓、腎臓など)の原因となる(図1)。

動脈硬化の評価には、動脈硬化によって生じた①拡張能の低下や硬さを評価する「機能診断」と、②壁厚や内腔の狭窄などを評価する「形態診断」とがある²⁾。その評価

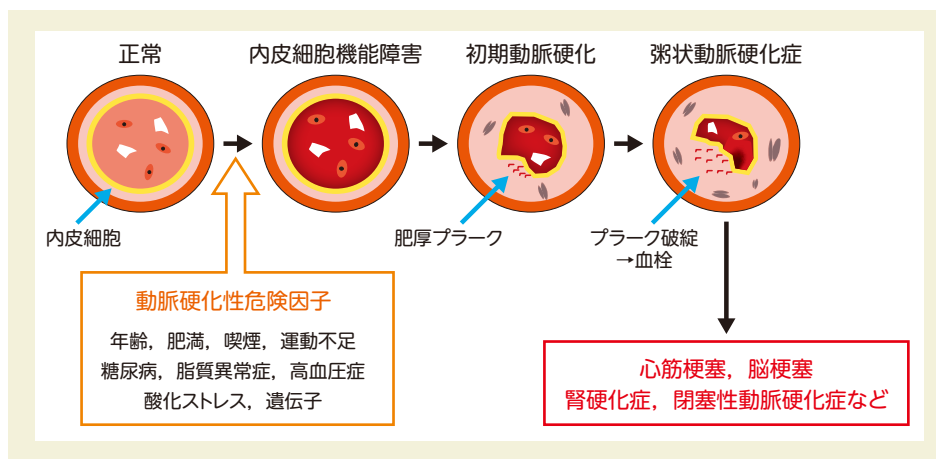


図1 ▶ 動脈硬化の進展

(文献1より引用)

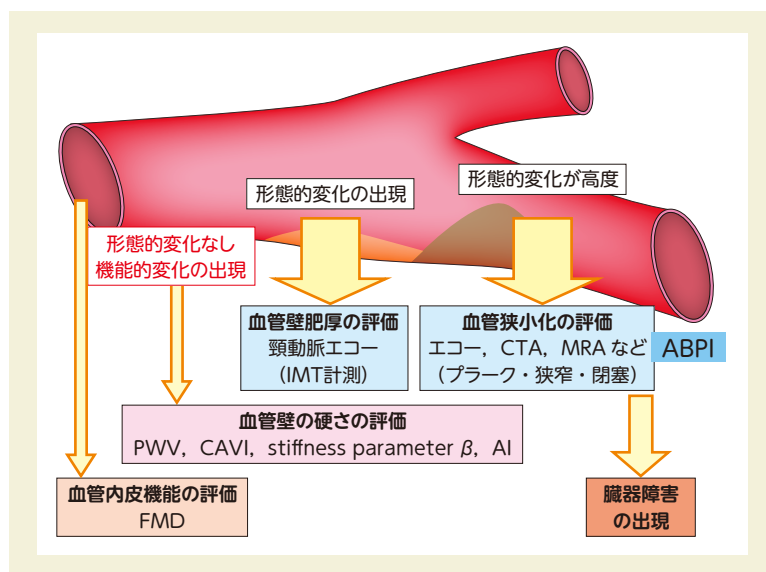


図2 ▶ 動脈硬化程度の評価法

法を以下に示す(図2)。

① 機能的評価法

- ・動脈の内皮機能を評価するFMD (flow mediated dilation)
- ・動脈壁の硬化度を判定する検査法：大動脈脈波速度 (pulse wave velocity; PWV), CAVI (cardio-ankle vascular index), stiffness parameter β , AIなど

② 動脈硬化の形態的变化(肥厚, 血栓, アテローム, 石灰

化などによる狭窄・閉塞)を評価できる検査法

- ・超音波検査
- ・CTA (CT angiography)
- ・MRA (MR angiography)
- ・血管造影検査

中でも、超音波検査(エコー検査)は無侵襲かつリアルタイムに画像と機能の両方を併せて評価できる検査法として、動脈硬化の評価に活用されている。特に、頸動脈エコーは体表面から簡単に実施でき、動脈硬化の進展程度を知るよい指標となるため汎用されている。

3 頸動脈エコー検査でわかること

動脈硬化の進展における形態的变化としては、まず内中膜複合体(IMC)の厚みであるIMT^{3, 4)}の肥厚が出現する⁵⁾。IMCとは「病理で言う内膜と中膜」を合わせた層を称し、その厚さの総和である。超音波では内膜と中膜とを区別できず、別々に計測することができないため、両者を合わせたIMCの厚み(IMT)を計測している。

さらに肥厚が進行して、プラーク形成、動脈狭窄、閉塞へと動脈硬化は進行する(図2)が、頸動脈エコー(表1)では、プラークの評価、狭窄率なども含めて、その進行状態を詳細に評価できる⁴⁾。プラークにより脳梗塞の危険度を推定することや、狭窄率の評価により脳・頸動脈の侵襲的検査や治療適応の参考にもなっている。また、頸動脈が正常、IMT

の肥厚，有プラーク例，狭窄病変例の4群に分けた比較で，頸動脈病変が高度になるにつれ，よりCADの合併率が高くなることも報告⁶⁾されているように，他部位での動脈硬化程度を推定する指標としても用いられている。

4 IMTの評価

IMTの肥厚進展程度と生活習慣病との関連については，生活習慣病(糖尿病，脂質異常症，高血圧，喫煙など)，年齢はIMTの肥厚に対してそれぞれが独立した危険因子であり，生活習慣病があるとIMTに肥厚が生じることが知られている。たとえば，加齢⁷⁾に伴いIMTは肥厚し，糖尿病，脂質異常症でも高コレステロール血症が促進因子，HDLコレステロールが抑制因子との報告がある。また，喫煙者でIMTが肥厚するとの報告もある。

ただし，動脈硬化性危険因子を持たない場合には勧められず，危険因子を有する例でも病変がない場合には毎年評価を行う意義はないとされている(表2)。

1) 冠動脈疾患との関連

IMTの肥厚はCADやCVDなどの重要臓器の動脈硬化性疾患の発症とも関連しており，頸動脈硬化の進行に伴って，全身の動脈硬化性疾患のリスクが高くなるとの報告がある(表3)⁸⁾。従来，頸動脈エコーによる頸動脈硬化の評価と心血管イベントと脳・心血管について報告がある^{9~11)}。その多くで，頸動脈IMTの動脈硬化の進行に伴って心筋梗塞のリスクが高くなると報告され，総頸動脈のmax IMTが0.1mm増加すると心筋梗塞は11%増加する(図3)とされている。

2) 脳血管障害との関連

脳卒中発症例ではIMTの肥厚が高度であり，総頸動脈のmax IMTが0.1mm増加すると脳卒中は18%増加す

表1 ▶ 頸動脈エコー検査の流れ

- ① 内中膜複合体(IMC)厚(IMT)
- ② 血管径(CCA, ICA, VA)
- ③ 血管の走行(蛇行の有無)
- ④ プラークの有無，性状や大きさ，狭窄率
- ⑤ 血流計測(ドブラ法)

る(図4)。

また，閉塞性動脈硬化症との関連でも，跛行例およびABPI(足関節・上腕血圧比)の低下例では，IMTの肥厚が高度となる。

このように，「IMTが厚いほど脳・心血管イベントの発生が多い」ことが注目され，頸動脈エコーは全身における動脈硬化の“窓”であり，全身の動脈硬化の評価とともに，生活習慣病治療を継続するモチベーションを高める一助ともなっている。

表2 ▶ IMT評価の意義

1. max IMT 生活習慣病例では肥厚する 検討のあるもの：年齢，喫煙，高血圧，糖尿病， 脂質異常，肥満	B
2. mean IMT 加療により，進行度が抑制される 血糖降下薬，脂質改善薬，降圧薬，抗血小板薬， 運動	B
3. IMTは予後指標のサロゲートマーカーである 一般住民 動脈硬化性疾患	C2 C1
4. 総頸動脈のびまん性IMT肥厚所見 高安動脈炎を強く示唆する	B

【推奨度】

- A：強く勧められる
- B：勧められる
- C1：勧められるだけの根拠が明確でない
- C2：根拠がないので勧められない
- D：行わないよう勧められる

(文献1をもとに作成)

表3 ▶ 主な臨床試験の比較

試験名 (年)	エンドポイント	対象	症例数	期間 (年)	部位	方法
ARIC (1997)	MI	45 to 64y without previous event	10,841	5.2	CCA, Bif, ICA	mean IMT
Rotterdam Study (1997)	MI, stroke	≥ 55y	1,373	2.7	CCA	mean IMT
CHS (1995)	MI, stroke	≥ 65y without cardiovascular disease	4,476	6.2	CCA, ICA	maximal IMT
MDCS (2005)	MI or cardiac death	46 to 68y without previous stroke or cardiovascular disease	5,163	7	CCA	mean IMT
CAPS (2006)	MI, stroke	19 to 90y	5,052	4.2	CCA, Bif, ICA	mean IMT

(文献8より引用)

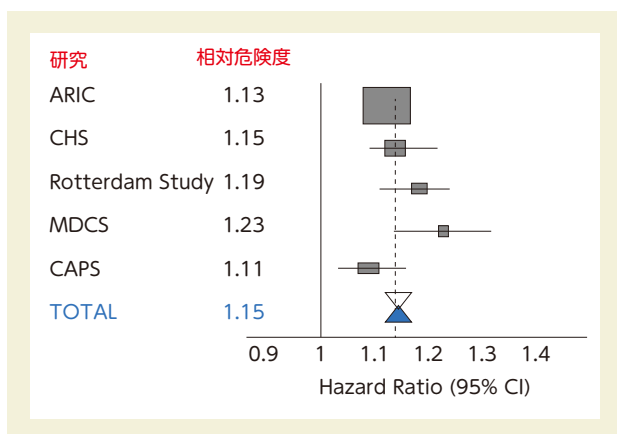


図3 ▶ 総頸動脈IMT0.1mm肥厚に対する心筋梗塞の危険度

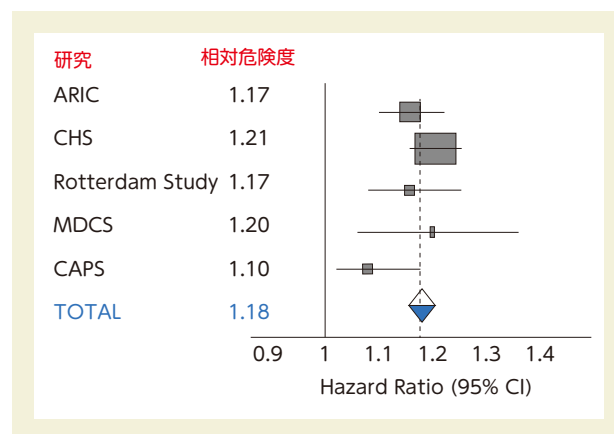


図4 ▶ 総頸動脈IMT0.1mm肥厚に対する脳卒中の危険度

3) 治療薬との関連

降圧薬や脂質改善薬、糖尿病などの薬物治療によりIMT肥厚の進展を抑制したという報告(図5)¹²⁾もみられるようになった。降圧効果や脂質低下作用が同程度でも、薬剤によりIMT進展の抑制効果が異なるとも報告され、それら薬剤の治療効果(動脈硬化進展の抑制に関連?)の指標や、薬剤の臨床評価法としても頸動脈エコーが応用されている。

今後の課題は、進展抑制が心血管イベント抑制と関連す

るか否かの検討だが、健常成人の経過観察での検討では否定的なメタ解析結果¹³⁾であった。しかし、IMTの評価法が多様な検討結果の総和であり、評価部位の同定法があいまいな報告も多かったことから、厳密な評価法による検討が必要であり、さらに高リスク群での検討や薬剤介入の検討も今後予定されており、それらの結果も待たれる。

1

頸動脈エコーの準備

尾崎俊也

1 検査の準備

1) 患者の体位

基本体位である仰臥位では、枕を外し(図1左)、顎を前方に突き出し(図1中央)、観察血管と対側方向に頭部をわずかに傾け(30°以内)観察部位の頸部を伸展させる(図1右)。

頭部の極端な傾斜による頸部の過伸展は、胸鎖乳突筋が緊張しプローブ操作が困難となる。また、血流観察においては、胸郭の出口や上位の頸椎において、血流障害が生じることがあるので注意を要する。特に、椎骨動脈血流の観察は仰臥位正面が推奨される(図1左)。

体型により頸部の伸展が困難な場合は、肩甲骨背側に低い枕(巻きタオルなど)をあてがい、頭部をやや後方に下垂させると、より広い観察部位が得られる(図2)。

内頸動脈遠位部の観察には、頸部の後方からのアプローチが必要となる。その際、頸部の過伸展を避けるためにも枕をあてがい、完全な側臥位が簡便かつ有効である。

頭部の傾斜や顎の挙上の際、頸椎症や関節リウマチなどの患者、および高齢者では十分な注意が必要で、無理な体位変換は症状を悪化させる場合がある。

2) 心電図の装着

プラークなどの動脈硬化性病変の有無を検索する場合は、生体信号の同時記録は必要としない。しかし、断層法ではIMTや血管径の計測時に、また、ドプラ法では不整脈や、逆行性血流を伴う血流波形の評価に、心時相による解析が重要となる。そのため、簡便で正確に心時相が同定

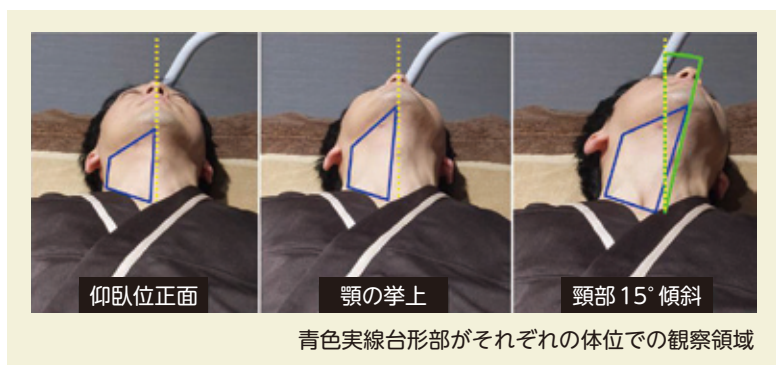


図1 ▶ 頸動脈エコー検査時の体位 (足側から俯瞰)

左: 枕を外した状態の仰臥位

中央: 真上に顎を挙上させた体位

右: 頭部を約15°左側(観察領域と反対)に傾けた体位



図2 ▶ 頸部の伸展が不十分な場合の対応

肩甲骨背側に巻きタオルをあてがい、頭部を後方に下垂させた体位で、より広範囲に観察領域が確保可能となる。

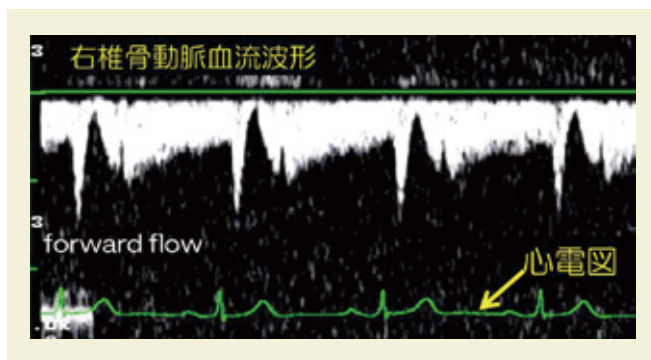


図3 ▶ 椎骨動脈血流波形の心電図同時記録

椎骨動脈血流は、心電図の同時記録により詳細な波形解析が可能となる。症例は、心時相の収縮中期に楔状の血流低下を認め、サンプルポイントより中枢側での狭窄病変が疑われる。

できる心電図の同時記録を推奨する(図3)。また、検査時に頸動脈洞反射による徐脈や、不整脈の解析のモニターと

しても心電図の装着が有効である。

2 超音波装置の設定

1) プローブの選択

頭蓋外頸動脈は、血管長軸方向の観察範囲が10cm以上と広範囲で、視野幅の広いリニア型プローブ(図4①)が有効である。しかし、鎖骨上窩や顎下などの凹凸部分はアプローチが困難となるため、視野幅40mm前後のリニア型プローブ(図4②)が多く用いられている。

中心周波数は、頸動脈の観察深度が椎骨動脈を含め3cm以内で、かつIMTは0.1mmの計測精度が要求されるため、10MHz前後の高周波が推奨される。ただし、深部を走行する内頸動脈遠位部や椎骨動脈の観察には、5MHz前後のコンベックス型プローブが、さらに血流観察では心臓用のセクタ型プローブなども用いられている。筆者は周波数帯域が2~12MHzのリニア型プローブ(図5①)と、4~8MHzのマイクロコンベックス型プローブ(図5②)でルーチン検査を行っている。

2) 2D断層像の画質調整

プラーク内部のエコー性状の評価には、ダイナミックレンジ(DR)が重要である。ダイナミックレンジはエコーゲインと連携した調整が必要で、狭く(値を小さく)するこ

とで組織間の境界が明瞭となる。ただし頸動脈プラーク病変は、石灰化を示す高エコー輝度から粥腫や出血が疑われる低エコー輝度まで幅広い階調で描出されることから、ダイナミックレンジを小さくすると、輝度差の小さな組織間のコントラストの認識が困難となる(図6)。そこで、病変



図4 ▶ 用途が異なる高周波リニア型プローブ

①：乳腺、甲状腺などに用いられる表在用リニア型プローブで、視野幅が広く1画面で広範囲に観察可能である。
②：頸動脈エコーに用いられるリニア型プローブで、操作性が重視され、視野幅が38mmと狭く設定されている。

1

頸動脈肥厚度の意義(概論)

石津智子

頸動脈は冠動脈について大動脈近位から分枝する弾性動脈であり、頸部では体表から皮下2~4cmの浅い位置を走行する。この解剖学的特徴は体表超音波法にとって好都合である。このため、頸動脈エコーは弾性動脈壁の非侵襲的画像診断法の中では最も精度のよい検査法と言える。

超音波法の検査のメリットは、①人体に害がない(非侵襲的である)、②精度がよい(距離分解能に優れる)、③体表超音波装置さえあれば世界中で使える(汎用性が高い)ことであり、それゆえ、④世界中で膨大な数の臨床医学

および疫学研究に用いられ蓄積されたエビデンスがあることである。一方で、予防医学や実臨床にどのように役に立つかという視点ではいまだ十分な研究結果の蓄積がなく、意見の一致をみていない。

エビデンス構築の障害と指摘されていた検査法の統一も徐々に浸透し、わが国でも「超音波による頸動脈病変の標準的評価法2017」が策定されている。本項では、このような最近の動向もふまえ、体表超音波法を用いた頸動脈肥厚度の意義について概説したい。

1 IMTとは何か

内中膜厚(IMT)は、組織学的な内膜と中膜とを合わせた組織の厚みを示す超音波医学用語である。これは、現行の体表超音波診断において内膜と中膜とは分離して描出できないが、内膜の始まりから外膜との境界までの領域としては画像化できることに起因する。IMTは頸動脈長軸

像の描出で、2本の線のパターンとして示される(図1)¹⁾。粥状動脈硬化症では、その進展とともに内膜が肥厚する。動脈硬化とは異なる代償性の中膜肥厚もIMTはとらえてしまう。IMTは粥状動脈硬化症の内膜の肥厚と、非動脈硬化性の中膜肥厚の両方を定量評価している。

2 IMTは動脈硬化性危険因子とともに増大する

既知の動脈硬化性危険因子のほとんどはIMT増大と関連している。年齢は最も強いIMTの規定因子である。高血圧、糖尿病、脂質代謝異常、喫煙などはその程度が強いほど、IMTも大きいという量的関係もある。多くの人種で危険因子との関連が示され、日本人を対象とする1,000例以上のIMTを用いた研究²⁾では、メタボリックシンド

ローム³⁾、歯周病⁴⁾、慢性腎臓病⁵⁾、糖代謝に関連する遺伝子多型⁶⁾、高血圧症例における遺伝子多型^{7, 8)}、喫煙と身体活動量⁹⁾、メタボリックシンドロームと尿酸¹⁰⁾、睡眠時間¹¹⁾、閉塞性動脈硬化症が報告されている。

IMTは動脈硬化性危険因子と関連するが、主要危険因子とは独立して動脈硬化性疾患の発症と関連する。予後を主要

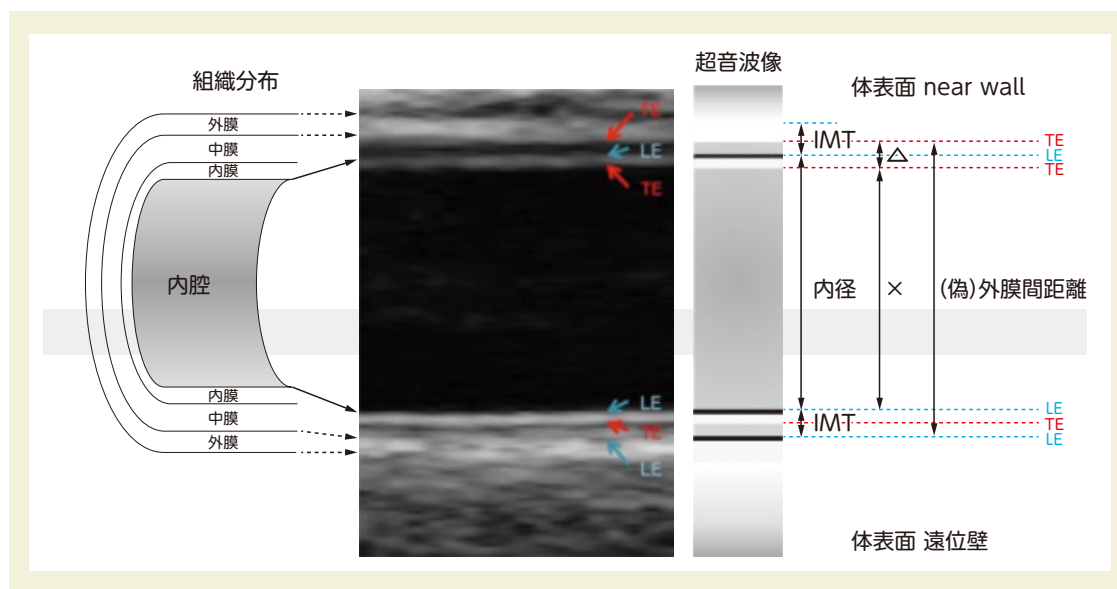


図1 ▶ 超音波像と組織分布

△：近位壁では△の部分をもIMTとして計測するが、組織分布とは完全には一致しない
LE：leading edge (上縁), TE：trailing edge (下縁)

(文献1より改変)

評価項目とするわが国の大規模前向き追跡研究では、max IMTは脳卒中の発症と関連することが示されている¹²⁾。

3 IMTは予後規定因子として臨床研究のエンドポイントとなる

総頸動脈IMTと心血管疾患との関連を研究した対象者数1,000例以上の主な前向き追跡研究の一覧を表1に示す。日本を含めた欧米の研究は一致して、総頸動脈IMTは将来の心血管疾患発症と関連している。2015年の米国

FDAの文書では、頸動脈IMTは、中央解析施設で高い精度管理下に計測するという条件付きで、臨床研究のエンドポイントとして有用であると位置づけている¹³⁾。

4 日本人の年齢別IMT75パーセンタイル値

IMTは人種差があり、日本人は欧米人に比較するとIMT値が小さく、主要な危険因子で補正してもなおその差は有意である¹⁴⁾と報告されている。IMTは加齢とともに増大するが、健康成人では0.009mm/年程度である¹⁵⁾。図2に、日本人健康者の基準値として性別・年齢別の総頸動脈IMTの75パーセンタイル値を示した¹⁾。総頸動脈IMTの代表

値としてIMT-C10を用いた。IMT-C10は「超音波による頸動脈病変の標準的評価法2017」¹⁾で新たに定義された指標で、総頸動脈遠位壁の、球部(頸動脈洞)から心臓側10mmの部位のIMTである。対象は人間ドックを受診した健康成人1,708名である。男女におおむね、 $IMT-C10(mm) = 0.2 + (0.1 \times 10代ごとの年齢)$ となる。