

## 知っておきたい心血管エコー ～明日から活かす！心血管エコーのスキルアップ～

### 1. 「心臓（弁膜症）」

◎谷本 理香<sup>1)</sup>  
松山赤十字病院<sup>1)</sup>

【はじめに】先進国において僧帽弁逆流症（Mitral Regurgitation : MR）と大動脈弁狭窄症（Aortic Stenosis : AS）は高齢化社会に伴い近年増加しており、スクリーニング検査でよく遭遇する疾患である。断層法ならびにドプラ法を用いた経胸壁心エコー図検査（TTE）は、弁膜症の確定診断、血行動態評価、そして治療方針の決定に必須の検査法である。日本循環器学会において2020年に弁膜症ガイドラインが改訂された。今回は、MR、ASを中心にガイドラインにそって重症度評価の方法や、計測時の注意点などを症例提示しながら解説する。

【僧帽弁逆流症】MRの成因は、弁尖または腱索、乳頭筋の器質的異常によって生じる一次性（器質性）MR、左室や左房の拡大または機能不全に伴って生じる二次性（機能性）MRに大きく分けられる。一次性（器質性）MRは先進国ではリウマチ熱が減少したことから、リウマチ性のMRが著減し、僧帽弁逸脱症、高齢者や透析患者における弁尖・弁輪の硬化・石灰化に伴うものの頻度が高くなっている。重症度評価のために種々の定性および定量評価の方法が提唱されている。定性評価で頻用されるのはカラードプラ法でMRジェットの到達距離や幅から評価する方法である。MRの面積が左房面積に対する占有面積を評価する方法もある。これはMRが偏位して左房壁に沿う場合、ジェット面積からは重症度を過小評価しやすいので注意が必要である。定量評価法にはPISA法とvolumetric法がある。PISA法は、逆流の上流吸い込み血流が半球形であると仮定し、半球の表面における瞬時血流量と有効逆流弁口における瞬時血流量が等しいことから、有効逆流弁口面積（EROA）および逆流量を計算する定量法である。一方、volumetric法とは、ドプラ法を用いて左室一回流入量と左室一回拍出量を求め、MR量はその差として、MR率は逆流量の左室一回流入量に対する比率として、それぞれ計算する定量法である。それぞれに長所と短所があり、症例によっても適した方法が異なる。したがって各症例に適した方法とその長所と短所を理解した上で適用し、重症度を総合評価する必要がある。

【大動脈弁狭窄症】ASの原因は、加齢に伴う大動脈弁の変性に基づくASの占める割合が最も高く、かつて

大多数を占めていたリウマチ性は小児期にリウマチ熱に対する適切な治療が行われるようになったため、近年ではほとんど認められなくなっている。加齢性、リウマチ性以外の原因としては先天性があり、一尖弁、二尖弁、四尖弁がよく知られている。ASの診断と重症度評価はTTEが非常に重要である。弁の形態（弁尖の数、交連部の癒着の有無）、輝度上昇、石灰化の有無・分布・程度、開放程度を観察し、さらにドプラ法を併用して重症度評価を行う。連続波ドプラ法によって大動脈弁通過血流速度、最大圧較差、平均圧較差（mean Pressure Gradient : mPG）を求め、さらにパルスドプラ法により求めた左室流出路血流速度波形も用いて連続の式により大動脈弁弁口面積（Aortic Valve Area : AVA）を計測する。大動脈弁通過血流速度や圧較差は簡便ではあるが血行動態の影響を受けて変化するので、重症度評価にはAVAも合わせて評価する。ASの重症度評価は一般にAVAとmPG、大動脈弁通過血流速度で行われている。この3つの基準が合致すれば正しい評価である可能性が高いが、しばしば重症度評価に合致しない症例に出くわすことがある。これには第一に考えるべきは計測誤差だが、それ以外に大動脈弁通過血流速度や圧較差は心機能（特に左心機能）に依存するため、重症ASでも一回拍出量が低下しているような低心機能の症例の場合には圧較差は増大しない。このような低流量低圧較差AS（low flow, low gradient AS）が存在している。さらにLVEFは50%以上に保たれているが、心室が小さいために一回拍出量も少なく、大動脈弁通過血流速度や最大圧較差が過小評価される、奇異性低流量低圧較差重症大動脈弁狭窄（Paradoxical low-flow low-pressure gradient AS : PLFLPG AS）に注意する必要がある。

【おわりに】弁膜症の診断においてTTEは必要不可欠なものである。しかし、検者は複数の指標の計測値の整合性について総合的に判断する必要がある。さらに適切な画像描出や計測、検者間誤差などの問題も考慮して検査することが非常に重要であり、説得力のある検査を進めていくことが大切であると考えている。

連絡先 089-924-1111 (6205)

## 知っておきたい心血管エコー ～明日から活かす！心血管エコーのスキルアップ～

### 2. 「頸動脈」

◎赤沼 佳子<sup>1)</sup>  
島根県立中央病院<sup>1)</sup>

#### 【はじめに】

頸動脈超音波検査は、近年の画像診断の進歩により、頸動脈を詳細に観察、評価でき、動脈硬化の有無やその進行の程度を評価できるようになった。また、「超音波検査」が簡便、低コスト、なにより非侵襲的に実施できることにより、人間ドックなどスクリーニング検査としても広く応用されるようになった。頸動脈超音波検査が正しく行えるよう、ガイドラインである

「超音波による頸動脈病変の標準的評価法 2017」に沿って、基本的な検査・走査手技、おもに必須計測項目とされている評価項目やその評価方法、臨床的意義、特徴的所見などについてポイントやコツも加えながら提示していく。

#### 【観察範囲】

観察領域は左右ともに総頸動脈、頸動脈洞、内頸動脈、椎骨動脈とする。必要に応じて外頸動脈、鎖骨下動脈などの観察も行う。

#### 【走査方法・走査手技】

頸動脈の観察は血管短軸断面と血管長軸断面の2方向で行う。狭窄病変の診断にはカラードプラ法、パルスドプラ法を用いる。

#### 【計測・評価項目、臨床的意義】

- ① IMTの評価：IMTの計測では左右の総頸動脈、頸動脈洞、内頸動脈の近位壁、遠位壁、および両側壁の最大の内中膜厚をそれぞれIMT-Cmax、IMT-Bmax、IMT-Imaxとして計測する。全領域の最大のをmaxIMTとして代表値とする。IMTはプラークが出現する以前の早期動脈硬化症の定量評価として重要である。IMTの肥厚している症例では将来の動脈硬化性疾患の発症が有意に多い。
- ② プラークの評価：「1.1mm以上の限局した隆起性病変」をプラークと総称する。最大厚が1.5mmを超えるプラークに対しては、存在部位、サイズ、表面の形態、潰瘍形成の有無、内部性状、可動性などを評価する。注意すべきプラークには可動性プラーク、低輝度プラーク、潰瘍形成を認めるプラークなどがある。
- ③ 血管径の評価：外膜間距離を計測し、総頸動脈は9mm、内頸動脈は7mm、椎骨動脈は5mmを上限

とする。動脈の拡張を疑う場合には、解離所見の有無にも注意して観察する。

- ④ 狭窄・閉塞の評価：狭窄病変の評価としては、血管短軸断面で面積狭窄率が50%以上の場合には狭窄部の収縮期最大血流速度（PSV）を求める。PSV ICAが「125または130cm/s」以上あるいはPSV ICA/PSV CCAが「2」以上の場合に血管造影上のNASCET50%以上の狭窄、またPSV ICAが「200または230cm/s」以上あるいはPSV ICA/PSV CCAが「4」以上の場合にNASCET70%以上の狭窄を疑う。血管内腔に充実エコーを検出し、動脈拍動の低下および消失を認めた場合には、血流シグナルの消失を確認することにより動脈閉塞と診断できる。脳梗塞の急性期では、左右総頸動脈の拡張末期血流速度（EDV）を計測し、EDratioを求めることにより内頸動脈の遠位部の閉塞病変を推定できる。
- ⑤ 椎骨動脈の評価：椎骨横突起間の椎骨動脈血流波形を記録する。その波形から、好発部位である椎骨動脈起始部または鎖骨下動脈起始部の狭窄や閉塞、また頭蓋内である後下小脳動脈（PICA）分岐前後の閉塞病変を推定できる。
- ⑥ その他、頸動脈解離や頸動脈ステント留置術（CAS）後の観察など、様々な頭頸部血管疾患の診断や評価も可能である。

#### 【まとめ】

ガイドラインの目的は「評価方法などを統一し、認識を共有すること」にある。頸動脈超音波においては、測定項目や決まりがたくさんあり、その内容をきちんと理解し検査に取り入れるには労力を要する。しかし、正確な評価を行うためにはガイドラインに沿って検査を進めていくことは重要であると考えられる。今回提示した項目やそのポイント・コツが明日からの検査のスキルアップにつながることを期待する。

連絡先 0853-22-5111（内線 6263）

## 知っておきたい心血管エコー ～明日から活かす！心血管エコーのスキルアップ～

### 3. 「腎動脈」

◎福間 輝行<sup>1)</sup>

地方独立行政法人 広島市立病院機構 広島市立広島市民病院<sup>1)</sup>

#### 【はじめに】

本邦では動脈硬化症の増加とともに、腎動脈超音波検査の依頼件数は増えており、スクリーニング手段として必要不可欠なものとなっている。今回は、腎動脈狭窄の意義、検査手技のポイント、結果の評価法について解説する。

#### 【腎動脈狭窄】

腎動脈狭窄は、狭窄や閉塞により腎への血流が低下することで高血圧を生じる腎血管性高血圧症、血圧があまり高くなくても腎虚血により腎機能障害をきたす虚血性腎症、狭窄はあるが高血圧や腎機能障害のない無症候性がある。

腎動脈狭窄の原因は、中高年では動脈硬化性、若年では線維筋性異形成 (Fibromuscular dysplasia : FMD) によるものが多い。他には、高安動脈炎、大動脈解離、血栓・塞栓、外傷などがある。また、動脈硬化性では全身の動脈硬化が進行している場合が多く、冠動脈疾患、末梢動脈疾患などを合併することも少なくない。

#### 【検査方法】

基本的にはコンベックスプローブを用いて仰臥位で検査を行うが、場合によっては腹臥位での観察も有用である。必要に応じて、ドプラ入射角度が小さく、血流速度の限界が高いセクタプローブを用いることもある。

腎動脈の描出は、心窩部横断像で上腸間膜動脈起始部を描出し、遠位部へプローブを tilting scan (扇動走査) すると左右の腎動脈が同定できる。腎動脈を観察するにはカラードプラの流速レンジは 30-50cm/s 程度、腎内血流の観察時には 10-20cm/s と領域ごとに適した設定をする。フレームレート (FR) は最低でも 10FR 以上を保ち、速い血流を見逃さないことが重要である。

#### 【評価法】

腎動脈狭窄の超音波所見は、腎動脈の直接所見と腎内血流の間接所見がある。

直接所見では、腎動脈の収縮期最高血流速度 (peak systolic velocity : PSV) 180cm/s 以上、腎動脈 PSV と腹

部大動脈 PSV の比である RAR (renal/aortic ratio) , カラードプラの乱流血流である。

間接所見では、腎の区域動脈または葉間動脈で腎内血流の評価をする。収縮早期ピーク波 (early systolic peak : ESP) の確認、収縮期加速時間 (acceleration time : AT) の計測、平坦な血流波形、RI の左右差の確認を行う。腎内血流は間接所見であるため、腎動脈狭窄を生じていても、ESP の欠如や AT 延長を認めない場合がある。腎動脈狭窄の評価は、直接所見である腎動脈の観察が必要である。

血流速度や RAR の評価では、走査法によって過大評価や過小評価になる場合がある。ドプラ入射角度をなるべく最小限にすることや、RAR を算出する場合には、入射角度を合わせて評価することが望ましい。ドプラ評価と同様に腎の B モード評価も重要である。腎動脈狭窄を生じることで、虚血性腎症となり腎機能障害になる場合があり、腎サイズ、辺縁の形状、実質の高輝度変化、菲薄化などの形態的評価も必須である。

#### 【まとめ】

腎動脈狭窄は、動脈硬化性の割合が多く高齢化に伴い増加しており、今後も腎動脈超音波検査の依頼は増えると考えられる。領域ごとに適した設定や正しい手技および描出方法の工夫を行い、より良い検査結果の評価を心がけたい。

連絡先 082-221-2291 (内線 5431)

## 知っておきたい心血管エコー ～明日から活かす！心血管エコーのスキルアップ～

### 4. 「下肢動脈」

◎松本 力三<sup>1)</sup>

国立大学法人 徳島大学病院 超音波センター<sup>1)</sup>

#### 【はじめに】

下肢動脈エコー検査は、非侵襲的で、非造影で血流の評価が可能で、リアルタイム性にも優れており、下肢動脈疾患を診断する上で、非常に有用な検査である。その反面、検査範囲が広範囲であるため、検査に時間を要し、苦勞することも度々ある。今回、下肢動脈エコー検査を効率よく行う検査手技のポイント、結果の判読方法について解説する。

#### 【検査の対象疾患】

検査の対象となる疾患は、急性閉塞性疾患と慢性閉塞性疾患に大別されるが、大部分が慢性閉塞性疾患である。

慢性閉塞性疾患のうち閉塞性動脈硬化症(ASO: arteriosclerosis obliterans)が大部分を占め、他にはバージャー病、膠原病、膝窩動脈捕捉症候群、外膜嚢腫、遺残坐骨動脈や動脈瘤の血栓性閉塞、線維筋性異形成(FMD: fibromuscular dysplasia)などがあるが稀である。現在では、ASOが慢性閉塞性疾患の95%近くを占めるようになっている。

#### 【エコー検査前に確認するポイント】

下肢動脈疾患の診断は、プローブを当てる前からすでに始まっている。まずは、問診・視診・触診を行い、身体所見を確認する。さらに血圧脈波検査の結果も確認しておく。心エコー図検査に心電図という相棒がいるように、下肢動脈エコー検査にも血圧脈波検査という頼れる相棒が存在する。下肢虚血評価において血圧脈波検査は、足関節上腕血圧比(ABI)だけが注目されがちであるが、検査値の信頼性を反映した振動信号や、%MAP(mean artery pressure)およびUT(upstroke time)のデータも確認することが重要である。プローブを当てる前に身体所見と血圧脈波検査の結果を確認することを心掛けるだけでも、効率の良い下肢動脈エコー検査へと繋がる。

#### 【検査手技】

下肢動脈エコー検査は、腹部大動脈～足首まで全スキャンする方法と、総大腿動脈、膝窩動脈、前脛骨動脈(足背動脈)、後脛骨動脈レベルの4点の血流波形パ

ターンから病変を推定する2つの方法がある。両者に明確な使い分けはなく、患者背景や施設に応じて、適宜選択する。下肢動脈エコー検査は、検査範囲が広範囲であるため、短時間で効率よく検査を行うためには、4点で血流波形を計測する方法が推奨される。

4点の血流波形パターンから病変を推定する際に留意することは、下腿動脈の血流波形は信頼性に欠けるため、評価に用いられないということである。実臨床で下腿3分枝に狭窄や閉塞病変が存在していても側副血行路の発達などにより、血流が保たれている場合は、血流波形だけでは病変の特定が困難であることを経験する。血流波形パターンから病変を推定できるのは膝窩動脈までであると思われるが、現状の標準的評価法からそれを読み取ることは難しい。

#### 【下肢動脈病変の評価方法】

標準的評価法では、狭窄部の最高流速(PSV)が1.5m/s以上であれば有意狭窄を疑い、狭窄部より中枢測の対照部流速との速度比(PSVR)が2.0以上であれば有意狭窄とするとされている。しかし、有意狭窄でない場合でもPSVが1.5m/sを超える症例は往々にして存在するため、当院では基本的にはPSVが2.0m/s以上を有意狭窄疑いとし、中枢測の流速が低下している場合などには随時、PSVRを計測しているのが現状である。ドプラ評価の限界として、複数病変や病変長が長い場合には、PSV・PSVRともに正確性が落ちる。そのような症例では、狭窄病変の直接所見だけではなく、末梢の血流波形の変化を血流障害の指標として重要視している。

閉塞病変を診断する際には、カラードプラ法の設定を適切に行うことが重要である。また、側副血行路の発達や分枝血管の血流方向を確認することも閉塞病変を診断する手掛かりになる。

#### 【まとめ】

下肢動脈疾患は、間歇性跛行や潰瘍といった臨床症状や血圧脈波検査、各種画像検査を用いて、総合的に診断することが重要である。下肢動脈エコー検査は、その診断の一助になるモダリティであり、適切な検査の手技、結果の判読方法を理解しておく必要がある。

## 知っておきたい心血管エコー ～明日から活かす！ 心血管エコーのスキルアップ～

### 5. 「下肢静脈超音波検査の標準化～見方・伝え方・教え方～」

◎清水 美希<sup>1)</sup>

独立行政法人地域医療機能推進機構 徳山中央病院<sup>1)</sup>

下肢の静脈疾患には、静脈瘤を中心とする慢性静脈疾患（chronic venous disease : CVD）と深部静脈血栓症（deep vein thrombosis : DVT）の2大疾患がある。下肢静脈瘤は日本人の40%以上にみられる発症頻度の高い疾患である。深部静脈血栓症は急性肺血栓塞栓症塞栓源の約90%を占めており、診断の機会が多くなっている。これらの静脈疾患の画像診断は、以前は静脈造影がゴールドスタンダードであったが、現在は非侵襲的な下肢超音波検査が第一選択となっており、年々その需要は高まっている。

当院でも下肢静脈超音波検査の件数は増加しており、2016年度は年間263件であったが徐々に増え、昨年度は641件であった。検査件数の増加に対応するためには検査ができる要員を増やす必要があり、2021年にISO15189認定を取得した当院では標準作業手順書（SOP）に技術習得プログラムを組み込み、それに準じて指導を行っている。

当院のSOPは日本超音波医学会より公示されている「超音波による深部静脈血栓症・下肢静脈瘤の標準的評価法」の内容を盛り込み、検査法の標準化に取り組んでいる。特に重要なこととして、血栓を認めた際は①部位診断（血栓範囲）、②性状診断（血栓形態、血栓性状）、③血流診断（還流障害）を必ず行うようにしている。

なかでも性状診断では血栓の中枢端を正確に観察する必要があるが、これは血栓が腸骨領域に及ぶ場合でも同じである。腸骨領域は観察困難なことが多いため、血管の走行を十分理解してプローブ走査を行うことが求められる。

以前は腸骨領域病変の有無を大腿静脈の呼吸性変動で間接的に評価してきたが、“血栓がありそうな時だけ腸骨領域を観察する”というのはさすがに困難であるため、最近では極力すべての症例で腸骨領域を確認するように努めている。

下肢静脈超音波検査において、検査結果を臨床に報告する際の報告書の書き方も重要である。検査した結果が臨床側に正しく伝わるように「伝わる報告書」を作成する必要がある。「超音波による深部静脈血栓症・

下肢静脈瘤の標準的評価法」には深部静脈血栓症用、下肢静脈瘤用それぞれの報告書例が提示されており、当院ではそれを参考に深部静脈血栓症、下肢静脈瘤の両方の所見を記入できる報告書様式を用いている。報告書の内容も標準化されるように当院で定めているルール、臨床の需要に沿った報告書の書き方についても今回の講演で触れたいと思う。

下肢静脈超音波検査は数ある超音波検査の中でも標準化が実践しやすい検査と考えている。まずは解剖や病態について「知識」を身につけ、プローブ走査という「技術」をかけあわせることで、臨床からの「信頼」を獲得し、患者診療に貢献する—そのような検査を共に創りあげていきたいと考える。今回の講演が少しでも皆様のお役に立てると幸いです。

JCHO 徳山中央病院 臨床検査部 清水美希  
連絡先：0834-28-4411（内線：4111）